

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



**EVALUACIÓN EN LABORATORIO DE MATERIALES CON  
PROPIEDADES ANTI-ADHERENTES SOBRE LOS HUEVOS  
DEL VECTOR DEL DENGUE *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae)  
COMO POTENCIAL ALTERNATIVO DE CONTROL EN  
CRIADEROS LARVARIOS URBANOS**

**POR**

**Q.B.P. MARCELA SELENE ALVARADO MORENO**

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS CON ACENTUACIÓN  
EN ENTOMOLOGÍA MÉDICA**

**DICIEMBRE, 2015**

**“EVALUACIÓN EN LABORATORIO DE MATERIALES CON PROPIEDADES  
ANTI-ADHERENTES SOBRE LOS HUEVOS DEL VECTOR DEL DENGUE  
*Aedes aegypti* (DIPTERA: CULICIDAE) COMO POTENCIAL ALTERNATIVO  
DE CONTROL EN CRIADEROS LARVARIOS URBANOS”**

**COMITÉ DE TESIS**

---

**PhD. Ildefonso Fernández Salas**  
Director de Tesis

---

**Dr. Feliciano Segovia Salinas**  
Secretario

---

**Dr. Roberto Mercado Hernández**  
Vocal

---

**Dr. Raúl Torres Zapata**  
Vocal

---

**Dr. Eduardo A. Rebollar Téllez**  
Vocal

**“EVALUACIÓN EN LABORATORIO DE MATERIALES CON PROPIEDADES  
ANTI-ADHERENTES SOBRE LOS HUEVOS DEL VECTOR DEL DENGUE  
*Aedes aegypti* (DIPTERA: CULICIDAE) COMO POTENCIAL ALTERNATIVO  
DE CONTROL EN CRIADEROS LARVARIOS URBANOS”**

**COMITÉ ACADÉMICO**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Subdirector de Estudios de Posgrado**

## DEDICATORIA

*Dedicada primeramente a Dios*, quien me dio la Sabiduría y la Fortaleza.

*A mis padres*, quienes me han enseñado el valor de la vida y han sido la fuerza y la fe para que yo salga adelante. Han sido siempre ese aliciente en mi camino para superarme día con día. Gracias por transmitirme su sabiduría de la vida y los valores inculcados para poder seguir adelante.

*A mis hermanos*, no tengo espacio suficiente para agradecerles el cariño, el apoyo y la confianza que me han brindado a lo largo de mi vida. Y porque a pesar de los malos entendidos y de los momentos difíciles; siempre de alguna forma sé que están ahí.

*A mis sobrinos*, quienes han venido a llenar de vida y mucha alegría nuestro humilde hogar.

*A mis tías, tíos, primas, primos y demás gente que estimo*, por quienes siento un gran aprecio y admiro.

*A mis abuelas Bartola Moreno Sánchez y Filiberta Guevara Quintanilla (Q.E.P.D)* por siempre estar ahí para nosotros. Por ser los pilares de las dos grandes familias a las que pertenezco. Mujeres, fuertes, humildes, honestas, trabajadoras; valores que siempre inculcaron en mí y en todos aquellos que las conocieron.

*No hay que confundir el conocimiento con la sabiduría. El primero nos sirve para ganarnos la vida. La sabiduría nos ayuda a vivir.*

## AGRADECIMIENTOS

Conserva lo que tienes, olvida lo que te duele, lucha por lo que quieres, valora lo que posees, perdona a los que te hieren y disfruta a los que te aman.

Nos pasamos la vida esperando que pase algo... y lo único que pasa es la vida.

No entendemos el valor de los momentos, hasta que se han convertido en recuerdos...

Por eso, haz lo que quieras hacer, antes de que se convierta en lo que te "gustaría" haber hecho. No hagas de tu vida un borrador, tal vez no tengas tiempo de pasarlo en limpio...gracias a Dios porque permitió la realización de este trabajo. Por aprender de las situaciones difíciles. Porque ha sido mi refugio y mi constancia, porque me ha dado su apoyo y su mano desde lo alto.

Agradezco a mis Padres: por su apoyo y amor incondicional en todo sentido, además porque han sido las personas que más han creído en mí. Por su gran afecto, sus consejos y su preocupación. A mis hermanos Sergio Alejandro y Raúl Ángel, por su solidaridad.

Al Dr. Ildefonso Fernández Salas: por permitirme ser parte de su grupo de trabajo, y así crecer tanto personal como académicamente. Por compartirme su sabiduría sobre la vida y sus conocimientos en el campo de la Entomología Médica.

A la Dra. Maricela Laguna Aguilar: por brindarme tanta calidez, fraternidad y de su colaboración insustituible.

A la Q.B.P. Olga Saraí Sánchez Rodríguez: por su amistad, confianza, apoyo incondicional; y esos momentos de relax necesarios en los proyectos que realizamos.

A mis compañeros: Q.B.P. Rocío Ramírez Jimenez, Q.B.P. Ewry Arvid Zarate Nahón, Q.B.P. Rosa María Sánchez Casas, y el Biol. Jorge Rodríguez: por el apoyo

brindado, los consejos y las enseñanzas a través de esta fase de nuestras vidas académicas. Gracias por recordarme que “las acciones valen más que mil palabras”...y por que con esto se confirma que “La sabiduría es hija de la experiencia y siempre pide consejo al que sabe corregirse” (*Leonardo DaVinci*).

A todos los que forman el Cuerpo Académico, Autoridades de la Facultad de Ciencias Biológicas y a la Subdirección de Posgrado de la misma.

A los integrantes de mi comité de tesis por su participación en mi formación académica, por las observaciones y consejos que me han brindado. Porque son buenos maestros; pero sobre todos excelentes personas.

Un agradecimiento especial al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada durante la realización de mis estudios de Doctorado con especialidad en Entomología Médica y apoyar el fomento a la formación de nuevos científicos.

## ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
COMITÉ DE TESIS .....	ii
COMITÉ ACADÉMICO .....	iii
LISTA DE TABLAS e IMÁGENES .....	xi
LISTA DE FIGURAS .....	xii
 RESUMEN .....	 1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUCCIÓN .....	3
2. HIPOTESIS .....	5
3. OBJETIVOS .....	6
3.1 Objetivo general .....	6
3.2 Objetivos específicos .....	6
4. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN .....	7
5. ANTECEDENTES .....	8
5.1 Biología y Bionomía del vector <i>Aedes aegypti</i> .....	8
5.1.1 El huevo: estructura y función .....	11

5.1.1.1 Fecundación y oviposición ....	12
5.1.1.2 Protección del huevo .....	13
5.1.2 La larva y pupa .....	17
5.1.3 El adulto ó imago .....	18
5.1.3.1 Copula .....	19
5.1.3.2 Ingesta de sangre .....	20
5.1.3.3 Ciclo gonotrófico .....	21
5.1.3.4 Ovipostura .....	23
5.1.3.5 Los criaderos .....	24
5.2 Historia del vector .....	26
5.2.1 Erradicación del mosquito <i>Aedes aegypti</i> ...	29
5.2.2 Re-infestación del vector .....	31
5.2.2.1 Causas .....	31
5.2.2.2 Consecuencias .....	32
5.2.3 Coordinación intra e interinstitucional .....	33
5.3 El Dengue .....	34
5.3.1 Etimología del Dengue .....	34
5.3.2 Definición de la enfermedad .....	34



5.3.3 Agentes Infecciosos: Serotipos .....	36
5.3.3 Serotipos circulantes en México .....	37
5.4 Epidemiología .....	38
5.4.1 Breve panorama en México .....	38
5.5 Profilaxis y control del vector .....	39
5.5.1 Medidas preventivas .....	39
5.5.1.1 Edu. y Fomento a la Salud .....	39
5.5.1.2 Encuestas Entomológicas .....	40
5.5.2 Control del mosquito <i>Aedes aegypti</i> .....	48
5.5.2.1 Control Físico- Cultural .....	49
5.5.2.2 Control Químico .....	53
5.5.2.3 Control Biológico .....	61
6. MATERIAL Y MÉTODOS .....	63
6.1 Materiales plásticos y sus propiedades .....	63
6.1.1 Vinil (VIN) .....	64
6.1.2 Polietileno de alta y baja densidad .....	64
6.1.3 Celofan (CLP) .....	65
6.1.4 Policloruro de vinilo (PVC) .....	65
6.2 Ensayos con poblaciones de mosquitos <i>Aedes aegypti</i> .....	66

6.3 Bloqueo de la adhesión del huevo .....	69
6.4 Comportamiento anormal de oviposición .....	71
6.5 Evaluación de la tasa de eclosión: efecto ovicida .....	71
6.6 Análisis de datos .....	72
<b>7. RESULTADOS .....</b>	<b>73</b>
7.1 Bloqueo de la adhesión de huevo por plásticos .....	73
7.2 Monitoreo con equipo de grabación .....	77
7.3 Tasa de eclosión de los huevos: efecto ovicida .....	79
<b>8. DISCUSIÓN .....</b>	<b>86</b>
<b>9. CONCLUSIÓN .....</b>	<b>91</b>
<b>10. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>92</b>
<b>11. RESUMEN CURRICULAR .....</b>	<b>102</b>

---

**LISTA DE TABLAS e IMÁGENES**

**Tabla 1.** Porcentaje de huevos de *Ae. aegypti* asignados en tres categorías: pegados, flotando y sumergidos después de ser expuestos a cinco diferentes películas plásticas, bajo condiciones de insectario.

**Tabla 2.** Medias ( $\pm$ DE) de los huevo de *Ae. aegypti* establecidos en los recipientes de oviposición que se alinearon con cinco diferentes películas plásticas, después de un periodo de 24 h., bajo condiciones de insectario. Las muestras de plástico se colocaron como sustrato de oviposición obligando a la hembra grávida a oviponer, y en donde fueron alineadas tres categorías de posición: pegados, flotando, y sumergidos.

**Tabla 3.** Medias y porcentaje (%) de supervivencia para las larvas de 1<sup>er</sup> instar de *Ae. aegypti* calculado a partir de la tasa de eclosión después de la exposición de diferentes películas plásticas de uso común, como sustrato de oviposición en condiciones de insectario.

**Imagen 1.** Fotografías tomadas por el estereoscopio a 30x, de los huevos encontrados en los ensayos en: Vinil: A) flotando y B) material, PVC: C)material y D)flotando, HDPE: E)material, LDPE: F) hundido y Celofán: G) hundido.

**Imagen 2.** Comportamiento antinatural de la hembra *Aedes aegypti*, en la colocación de los huevos en la superficie del agua, en contacto con tres diferentes películas plásticas: VIN, HDPE y CLP.

## LISTA DE FIGURAS

**Fig. 1** Líneas que señalan los límites de supervivencia del mosquito vector y ciudades ó áreas con riesgo donde el Dengue ha sido reportado (2008) Fuente: [http://www.nathnac.org/ds/c\\_pages/country\\_page\\_au.htm](http://www.nathnac.org/ds/c_pages/country_page_au.htm).

**Fig. 2** Ciclo biológico del mosquito vector del Dengue, *Aedes (Stegomyia) aegypti*. Fuente: corbisimages.com.

**Fig. 3** Melanización de los huevos de *Aedes aegypti* post- oviposición (PO). A) 0 horas PO, todos los huevos presentan una tonalidad blauecina; B) 0.30 horas PO algunos huevos comienzan a tornarse grisáceos; C) 1 horas PO la mayoría de los huevos ya presentan una tonalidad grisácea- oscura; D) 2 horas PO la totalidad de los huevos puestos se tornan negros.

**Fig. 4** Cronología de la formación de las capas internas del huevo de *Aedes aegypti*. Esquema de la estructura de un embrión y las capas de los huevos (sección transversal). La cutícula serosa (propiedad de resistencia a la desecación); se desarrolla entre las 11 - 13 horas post-oviposición (HPO). Fuente: Lozzano-Rezende et al. 2008. Embryonic desiccation resistance in *Aedes aegypti*: presumptive role of the chitinized Serosal Cuticle.

**Fig. 5** A) Eclosión normal y B) Eclosión anormal de los huevos de *Aedes aegypti*. Fuente: añadido a las fotografías.

**Fig. 6** Tipos de criaderos que pueden encontrarse en las áreas domesticas ó peridomésticas a una densidad de población (lotes baldíos, basureros, etc.). Ejemplos de criaderos: 1) Cubiertas viejas (llantas), 2) Recipiente para el agua de las mascotas, 3) Barriles, toneles, tambos 200 L, 4) Macetas (c/ lirios acuáticos, bambos), 5) Recipientes descartados, 6) Plantas, 7) Latas descartadas, 8) Botellas (plástico y vidrio), 9) Pedazos de botellas en muros, 10) Canaletas de tejados, 11) Norias, entre otras. Fuente: nuestromar.com.

**Fig. 7** Hábito de cría alterado con el tiempo, encontrándose no solamente selváticas, sino también domésticas, y proclamándose con una distribución cosmopolita.

**Fig. 8** Reinfestación de *Aedes aegypti* en el Continente Americano. Fuente: Badii et al. 2007. Ecology and history of dengue in Americas.

**Fig. 9** Comportamiento del virus de sus cuatro serotipos (1, 2, 3 y 4) y desarrollándose el Dengue Clásico (agudo) ó una reinfección (2-1,3,4; etc.) dando lugar a Fiebre del Dengue Hemorrágico (severo).

**Fig. 10** Número y metodología para seleccionar casas para las encuestas entomológicas. Fuente: Thirion- Icaza 2010 El mosquito *Aedes aegypti* y el dengue en México.

**Fig. 11** Recipientes ó criaderos artificiales positivos encontrados en las dentro y fuera de la casa en las cuales las acciones pueden variar desde: Abatizar, Controlar (no dejando agua estancada) ó eliminables.

**Fig. 12** Formulas de los índices de recipiente, casas, Breteau y pupas, utilizadas para indicar ó estimar la densidad de población de los estadios inmaduros del vector, de recipientes positivos encontrados. Fuente: SSA. 2006. Manual para la Vigilancia, Diagnóstico, Prevención y Control del Dengue.

**Fig. 13** Niveles de control operativo por indicadores entomológicos. Fuente: Thirion-Icaza 2010 El mosquito *Aedes aegypti* y el dengue en México.

**Fig. 14** Muestra de cartel diseñado para la campaña “anti-dengue”, realizado por iniciativa de la jurisdicción Sanitaria No. VII en Chiapas. A favor del Programa “Patio Limpio”. Con el slogan: “La Salud en casa manteniendo el patio limpio para prevenir el dengue”. En donde te indican las acciones principales de dicha acción. Fuente: chiapas.gob.mx

**Fig. 15** Desarrollo del Programa “**Cuidado del agua almacenada**” con actividades educativas, a través del cual se promuevan las 4 acciones básicas: **Lavar, Tapar, Voltear y Tirar**.

Fuente: [http://cenedic.ucol.mx/noaldengue/dia\\_estatal\\_de\\_descacharrizacion.pdf](http://cenedic.ucol.mx/noaldengue/dia_estatal_de_descacharrizacion.pdf)

**Fig. 16** Principales acciones sugeridas para controlar las etapas inmaduras de *Aedes aegypti*. Fuente: PAHO 1994.

**Fig. 17** Aplicación de larvicidas y adulticidas en recipientes. Fuente: OPS 2011

**Fig. 18** Compuestos y formulaciones recomendadas por la OMS para el control de las larvas de mosquito en los hábitats de recipientes<sup>a</sup>. Fuente: WHO 2009.

**Fig. 19** Principales ventajas y desventajas del tratamiento espacial (Niebla fría y caliente). Fuente: OPS 2011.

**Fig. 20** Insecticidas seleccionados para la aplicación de aerosoles fríos y niebla caliente contra mosquitos<sup>a</sup>. Fuente: WHO 2009

**Fig. 21** Compuestos y formulaciones biológicas recomendadas por la OMS para el control de larvas en sitios de cría. Fuente: WHO 2009.

**Fig 22.** Clasificación general de los polímeros.

**Fig.23** Materiales utilizados en los ensayos con el fin de determinar el potencial de efectividad antiadherente, sobre la “sustancia pegajosa” segregada por la glándula femeninas sobre el huevo de *Aedes aegypti* bloqueando el “pegado” al criadero artificial.

**Fig. 24** Diagrama de flujo de la crianza del mosquito *Aedes aegypti* para los ensayos de las películas plásticas.

**Fig. 25** Método utilizado para determinar la habilidad de los materiales plásticos evualuados en el bloqueo de la sustancia pegajosa en el laboratorio.

**Fig. 26** Videocámara utilizada para los ensayos de monitoreo del comportamiento de oviposición.

**Fig. 27** Método usado para determinar el porcentaje de supervivencia ó éxito de eclosión de los huevos de *Aedes aegypti*: pegados, flotando y hundidos; expuestos a las películas platicas evaluadas con condiciones de insectario.

**Fig. 28** Tasa de mortalidad de los huevos de *Ae. aegypti* calculado en la eclosión de la larva cuando los plásticos se usan como sustratos para la oviposición resultando en categorías, como huevos: pegados, flotando y sumergidos.

## RESUMEN

La mayoría de los programas de vigilancia y de control de *Aedes aegypti* no se centran en la etapa de huevo, como objetivo de control. La hembra grávida selecciona el área húmeda sobre la superficie del agua y la pared interior del criadero para poner sus huevos. Una almohadilla pegajosa es secretada por la glándula accesoria adhiere y ayuda a los huevos. Este estudio tuvo como objetivo evaluar un efecto potencial ovicida de cinco materiales plásticos de uso común. Revestimientos de plástico se colocaron en el área de la oviposición y hembras grávidas fueron liberados en jaulas en condiciones de insectario con 125 repeticiones. Las tasas de eclosión de los huevos depositados se registraron. Todos los forros de plástico cambiado la asignación de huevo, es decir, 27.0% estaban pegados en la película de plástico, 70.0% se mantuvo flotando, y el 3.0% estaban hundidos. Vinil (VIN) mostró la mayor capacidad de bloquear la adherencia de huevo con una media de  $7.05 \pm 10.1$  en comparación con el control de la media de  $170.7 \pm 68.6$ . Los números combinados de pegado, flotante, y los huevos hundidos mostraron las tasas más bajas para incubar de VIN y Polietileno de baja densidad (LDPE), que representan la mortalidad de embriones, tales como el 94.7 y 89.5 %. La hidrofobicidad y deterrencia de los plásticos se discuten como propiedades principales para bloquear la naturaleza química hidrófilo de ácido hialurónico, el principal componente de la sustancia pegajosa. Uso potencial de revestimientos de plástico como una estrategia ovicida que podrían ser implementados en programas comunitarios para el control del dengue. **Palabras clave:** *Aedes aegypti*, huevos, ácido hialurónico, cutícula serosa, control

## ABSTRACT

Most monitoring programs and control of *Aedes aegypti* do not focus on the egg stage as control objective. Gravid female selects the moisture area above the water surface and the inner wall of breeding site to lay her eggs. A sticky pad secreted by the accessory gland is attached and helps to glue eggs. This study was aimed to assess a potential ovicide effect of five commonly used plastic materials. Plastic liners were placed in the oviposition area and gravid mosquito females were released in cages under insectary conditions using 125 replicates. Hatching rates of oviposited eggs were recorded. All plastic liners changed the egg allocation, i.e., 27.0% were glued onto the plastic film, 70.0% remained floating, and 3.0% were sunken. Vinyl (VIN) showed the highest ability to block egg stickiness with a mean number of  $7.05 \pm 10.1$  as compared to control mean of  $170.7 \pm 68.6$ . Pooled numbers of glued, floating, and sunken eggs showed the lowest hatching rates for VIN and Low Density Polyethylene (LDPE) accounting for embryo mortalities such as 94.7% and 89.5. Hydrophobicity and deterrence of plastics are discussed as main properties to block the hydrophilic chemical nature of Hyaluronic acid, the major component of the sticky substance. Potential use of plastic stripes as an ovicidal strategy could be implemented in Community-based programs for Dengue control.

**Key words:** *Aedes aegypti*, eggs, Hyaluronic acid, serosa cuticle, control



## 1. INTRODUCCIÓN

El dengue es la enfermedad viral más rápida en propagación en todo el mundo y transmitida por artrópodos (WHO, 2009). El mosquito *Aedes (Stegomyia) aegypti* (L.) (Díptera: Culicidae) es el principal vector del dengue en México (García-Rejón *et al.*, 2011). En las últimas décadas un crecimiento casi exponencial de la enfermedad ha sido observado (Nathan y Dayal-Drager, 2006). Control de vectores peridomésticos es la única medida preventiva eficaz actualmente disponible. Según la OMS, para el control de las poblaciones de larvas de *Ae. aegypti* se aplica gránulos de insecticida organofosforado (Temephos) al 1% en criaderos domésticos. Para la eliminación de los mosquitos adultos en las casas se usa insecticidas rociados en equipos sobre camionetas. Implicando en ambos casos altos costos de insumos; además de la posible resistencia a los insecticidas que pueden desarrollar e incluso afectar a especies no objetivo; y la falta de medicamentos antivirales y vacunas (WHO, 2009). El grave impacto socio-económico de la enfermedad esta siendo cada vez mejor documentada (Suaya *et al.*, 2007). Sin embargo, el huevo de *Ae. aegypti* se tiene en cuenta como objeto de control.

Durante la oviposición, las glándulas accesorias del mosquito hembra, segrega una sustancia pegajosa ó “almohadilla corionica”. Encargada de pegar y mantener con humedad el huevo en la pared interna del recipiente. El proceso de embriogénesis se inicia poco después de este evento (Clements, 1996). La almohadilla corionica contiene varias sustancias químicas, aunque el ácido hialurónico es el principal. Este ácido con propiedades hidrófilicas, absorbe el agua y para posteriormente endurecerse

(Christophers, 1960; Padmaja y Rajulu, 1981). Posteriormente, el “secamiento” del huevo se consigue cuando la cutícula serosa (CS) se sintetiza. La CS se desarrolla durante la embriogénesis y se convierte una capa interna en el huevo que se extiende por debajo de la endocorion (Beckel, 1958; Clements, 1996; Lazzaro-Rezende *et al.*, 2008). Por lo tanto, es evidente que la falta de adherencia de huevo después de la oviposición debe tener un papel importante en la prevención de esta cutícula a formar. Como consecuencia, la supervivencia de los embriones de mosquitos y el ciclo de vida se ven afectadas y por ende, la reducción del crecimiento de la población.

Algunos plásticos utilizados como celofán, vinilo y polietileno tienen propiedades físicas que pueden bloquear la oviposición caso de *Ae. aegypti*, ya sea rechazando o evitando el "pegado" de los huevos (Alvarado-Moreno *et al.*, 2011). Estos “materiales de plástico” son de fácil accesibilidad, pudiéndolos adquirir la mayoría en supermercados. Esta estrategia podría convertirse en un potencial de control ovicida, y sería apoyada por los programas comunitarios debido a la disponibilidad y bajo costo. Colocando bandas de plástico en la zona de puesta de huevos en los criaderos, como tambos de 200 L y tanques de cemento o "pilas" y así controlar las poblaciones de *Ae. aegypti* de los países endémicos de dengue.

## 2. HIPOTESIS

Alguna de las diversas películas plásticas a observar en este proyecto, poseerá una capacidad anti-adherente, colocándolo en el interior de los criaderos, contra los huevecillos de *Aedes aegypti* con el propósito de evitar que se peguen a la superficie del recipiente, caigan al agua y muera el futuro embrión.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo general

Evaluar la efectividad de las diferentes películas plásticas con potencial-capacidad anti-adhesiva hacia los huevos de *Ae. aegypti*, que puedan ser colocados en la zona de oviposición en la superficie interna de los criaderos.

#### 3.2 Objetivos específicos

1. Evaluar la capacidad de bloqueo de las películas plásticas y otros derivados hacia la almohadilla corionica, secretada por la hembra de *Ae. aegypti*, que facilita la adhesión de los huevos a la pared de los criaderos; en el laboratorio.
2. Determinar del porcentaje de efectividad de los diferentes materiales plásticos y derivados, para bloquear la almohadilla corionica en los huevos recién ovipuestos, en el laboratorio.
3. Cuantificar el porcentaje de huevos que no eclosionaron pegados, flotando o hundidos dentro del criaderos artificial y que fueron expuestos a las películas plásticas con propiedades anti-adhesivas.

#### 4. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN

La propagación a nuevas áreas no endémicas y el aumento de la densidad del mosquito en zonas endémicas del vector del Dengue, es un problema que, preocupa a muchos países.

El Manejo Integrado de Vectores (MIV) integra acciones. Dirigidas principalmente hacia las hembras de los mosquitos adultos. Representando el objetivo real para la reducción de la viremia, aunque, sea el menos numeroso y el más difícil de controlar. Las larvas y pupas son etapas convenientes ya que su distribución es predecible. Altamente sensibles a algunas sustancias químicas, aún con la probabilidad de una rápida “inmunización” contra estas; y aun así no representa riesgos para la salud pública. El huevo, de todas las etapas de vida, es la más numerosa. La resistencia de los embriones de *Ae. aegypti*, a la desecación por acción de la cutícula serosa, es una de los principales obstáculos para los programas de control, puesto que no están consideradas como medidas ovicidas. Siendo invisible a la inspección convencional, gracias a la “sustancia pegajosa” que mantiene al huevo a salvo en el interior del criadero natural ó artificial. Además permiten la posibilidad de ser transportados a grandes distancias en recipientes secos. Por lo tanto, la eliminación exitosa de los adultos y de larvas en una localidad, no imposibilita la re-infestación a través de los huevos que se encuentren en estado latente. Esto último, es lo que nos ha inspirado a realizar este trabajo de investigación. En lo que podría ser un novedoso método de control que aún no ha sido explotado.

## 5. ANTECEDENTES

### 5.1 Biología y Bionomía del vector *Aedes aegypti*

El mosquito *Aedes aegypti* (L.), tiene su origen en el cinturón tropical, al oeste de África, donde generalmente se encuentran las especies del subgénero *Stegomyia* (Theobald, 1901; WHO, 1975). Su presencia es ó fue detectada en las regiones tropicales y subtropicales del mundo, limitada por las latitudes 45° Norte y 35° Sur, con una isotermia 10 °C en verano (Fig.1). Otra limitante es la altitud, se encuentra por debajo de los 1,200 metros sobre el nivel del mar (msnm). Se han registrado 2,400 msnm en África. La mayor altitud registrada en América fue en Colombia (2,200 msnm). En León, Gto., Méx. se encontró en los 1,800 msnm (Fernández, 2009). Llega a rebasar estas limitantes cuando las condiciones ambientales le son favorables, restringiéndola cuando cambian y le son adversas (Nelson 1986, Salvatella 1996, Caballero *et al.*, 2006).



**Fig. 1** Líneas que señalan los límites de supervivencia del mosquito vector y distribución de las ciudades ó áreas con riesgo donde el Dengue ha sido reportado (2008). Fuente: [http://www.nathnac.org/ds/c\\_pages/country\\_page\\_au.htm](http://www.nathnac.org/ds/c_pages/country_page_au.htm)  
*Ae. aegypti* responde a la siguiente jerarquía:

Reino: *Animalia*

Phylum: *Arthropoda*

Clase: *Hexápoda o Insecta*

Orden: *Díptera*

Suborden: *Nematocera*

Familia: *Culicidae*

Subfammilia: *Culicinae*

Género: *Aedes*

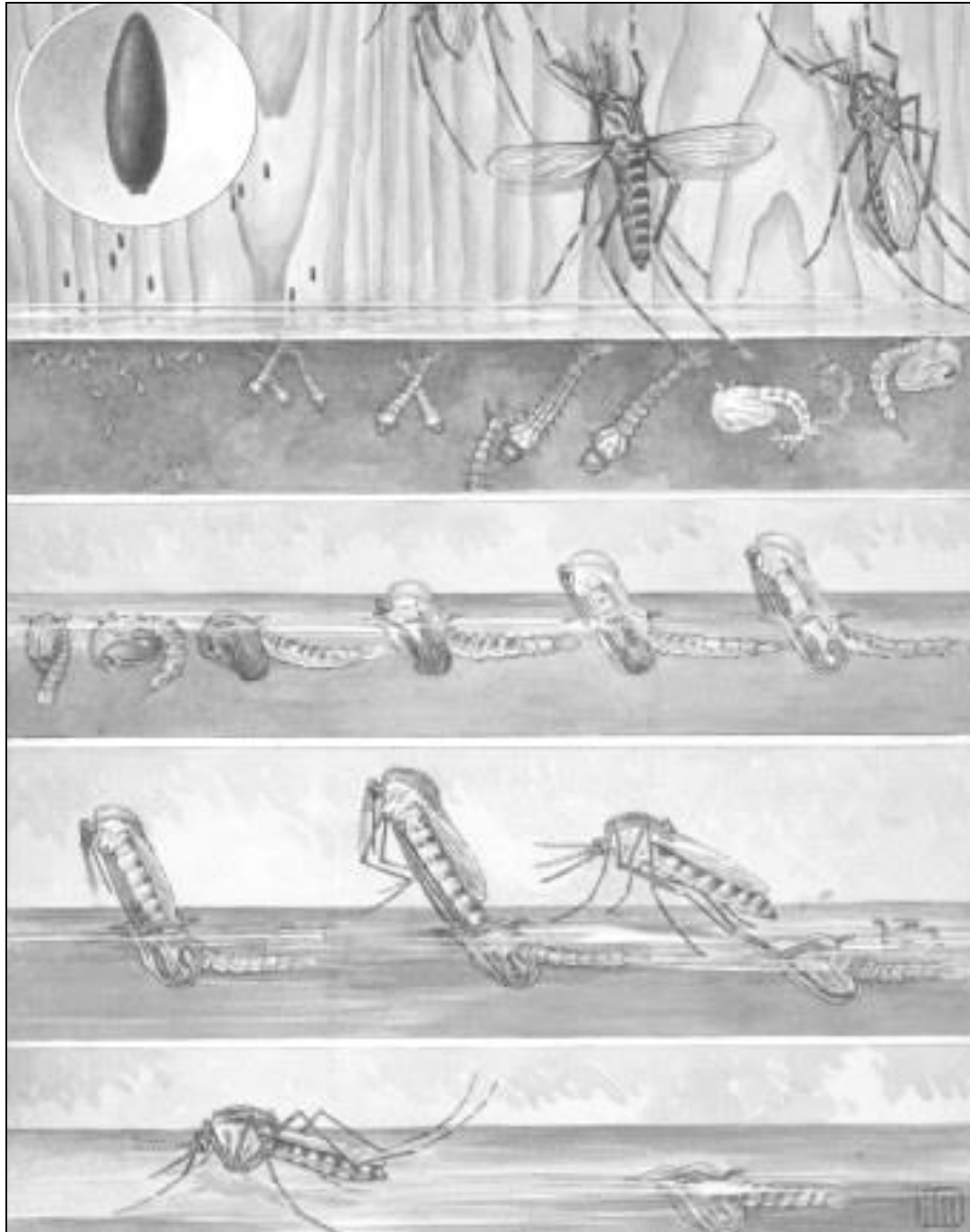
Subgénero: *Stegomyia (gpo. A)*

Especie: *aegypti*

El crecimiento poblacional, el movimiento migratorio nacional y/o internacional, la urbanización descontrolada y la pobreza (vivienda, educación, abasto de agua, etc.), han permitido la dispersión y establecimiento del vector (Gubler, 2005). Es un mosquito bien adaptado a ambientes domésticos y peri domésticos, debido al habito hematofágico de las hembras (Danis-Lozano, 2002).

Por su estrecha relación con el hombre, *Ae. aegypti* se llegó a considerar un mosquito urbano por encontrarse en mayor proporción en poblados y ciudades. Sin embargo, en los últimos años ha invadido el medio rural, a veces a varios kilómetros de distancia de poblados o de carreteras vehiculares, registrándose este fenómeno en México, Brasil, Colombia y muy probablemente en otros países; ocho países reportan infestación en zonas sin acceso terrestre o fluvial, debido a la introducción de envases de uso doméstico destinados al almacenamiento de agua, que llevan al vector principalmente en forma de huevo y mucho menor proporción como larva (Nelson, 1986). Es un insecto holometábolo, y comprende las etapas o fases de huevo, larva, pupa y mosquito adulto o imago (Fig. 2). Con la excepción de la última fase (mosquito adulto)

que es terrestre, todas las demás se desarrollan en él un ambiente acuático preciso (Solomon *et al.*, 1996).



**Fig. 2** Ciclo biológico del mosquito vector del Dengue, *Aedes (Stegomyia) aegypti*.  
Fuente:



### **5.1.1. El Huevo: Estructura y función**

El huevo se describe como: fusiforme, negro, ligeramente aplanado a los lados, un poco más estrecho hacia el extremo del micrópilo, y con callosidades algo irregulares que forman filas en espiral.

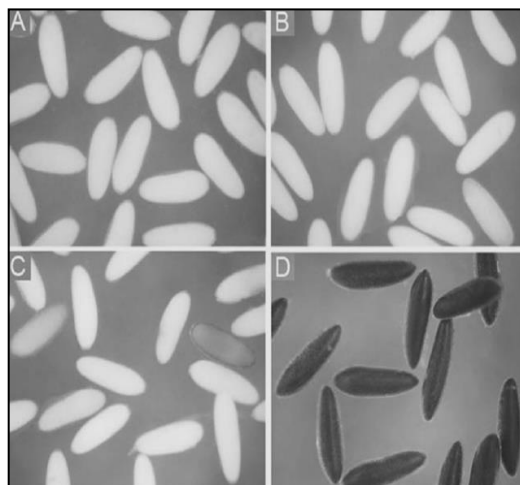
Tienen menos de 1 mm de longitud. Bajo el microscopio tienen la apariencia de barco con una superficie plana superior (ventral con respecto a la larva en desarrollo) y convexa más la superficie inferior (dorsal). Estas dos superficies más difieren no sólo en su forma pero en otros aspectos, Ambos están cubiertos con marcas poligonales que bajo ciertas circunstancias se destacan visible como una red de líneas de color blanco lechoso. Estos son en realidad, los canales de finos en la base de la exocorion llena de aire, lo que explica el color blanco lechoso cuando está sumergido (Christophers, 1960; Clements, 1996).

El exocorion consiste una muy delicada y esbelta capa en donde se encuentran retículos y túbulos. En donde los túbulos forman una especie de patrón llamado “células de exocorion”, que están delimitados por celdas poligonales. Los límites de las celdas poligonales son formados por canales de aire. Estos se encuentran en espacios en la base del exocorion entre estos y el endocorion. La aparición de bloqueos de aire y otras apariciones características del aire no dejan ninguna duda en cuanto a su naturaleza (Christophers, 1960).

El endocorion es una membrana, resistente y dura. Tiene un grosor de 4-5  $\mu\text{m}$ , que le da al huevo su forma y rigidez (Harwood, 1958). El exo- y endocorion aparentemente esta físicamente separados. La cutícula serosa (SC, por sus siglas en

inglés) es mucho más pequeña que el endocorion. Esta compuesta por dos capas con una matriz entre ellas (Clements, 1996).

Fig. 3. Melanización de los huevos de *Aedes aegypti* post- oviposición (PO). A) 0 horas PO, todos los huevos presentan una tonalidad blanquecina; B) 0.30 horas PO algunos huevos comienzan a tornarse grisáceos; C) 1 horas PO la mayoría de los huevos ya presentan una tonalidad grisácea- oscura; D) 2 horas PO la totalidad de los huevos puestos se tornan negros.



5.1.1.1 Fecundación y oviposición: Son depositados uno a uno al ras del agua quedando adheridos a las paredes del recipiente, inicialmente de color blanco, recién hecha la ovipostura, pero rápidamente comienzan a ponerse grises, para tornarse negros a las 2 horas (Fig. 3), con el desarrollo del embrión, que evoluciona en óptimas condiciones de temperatura y humedad en un lapso de 2 a 3 días (Mirsa, 1956; CDC, 1980; Nelson, 1986).

La fecundación ocurre al momento de la postura del huevo, debido a que los espermatozoides en la hembra se almacenan inmediatamente después de ocurrir la cópula en una estructura denominada espermateca, el óvulo al pasar por el oviducto al nivel de esta estructura se fusiona con un espermatozoide iniciando el desarrollo embrionario que transcurre en alrededor de 16-24 horas a una temperatura de 24°C ó de 48 horas si el ambiente es húmedo y cálido. Si la temperatura es baja se prolonga hasta por cinco días. Desarrollándose la membrana extra-embrionica, la membrana serosa que

secreta un saco sencillo, la cutícula serosa, y en medio el embrión y el corion (Clements, 1996). Completo el desarrollo embrionario, el embrión dentro del huevo es capaz de resistir largos períodos de desecación por meses o hasta por más de un año, al volver a tener contacto con el agua la acción bacteriana de la materia orgánica disminuye la tensión de oxígeno estimulando la eclosión en tan sólo alrededor de unos 15 minutos (Nelson, 1986). La mayor parte de cada postura es de eclosión de la larva rápida, mientras un porcentaje reducido constituye los llamados huevos resistentes, inactivos o residuales, capaces de largas sobrevivencias (Gadelha y Toda, 1985).

5.1.1.2 Protección del huevo: La resistencia de los huevos a eclosionar a temperaturas tanto altas como bajas, depende del tiempo de exposición, (Mirsa, 1956). Con posterioridad a ese período, los huevos son capaces de resistir desecación y temperaturas extremas con una supervivencia de siete meses a un año. Siendo uno de los mayores obstáculos en la erradicación del *Ae. aegypti*, estrategia que ha empleado como mecanismo de dispersión (Gast-Galvis, 1982). Aunque si los huevos se quedaran secos durante este periodo de desarrollo, se debilitarían; los embriones morirían (CDC, 1980).

La terminología de la cáscara de huevo de mosquitos, incluida la serosa y la SC, es una cuestión de polémica literaria. Telford (1957) designa la cutícula serosa como "membrana vitelina", Beckel (1958) se refiere a la cutícula serosa como "cutícula transparente", mientras que Harwood (1958) y Harwood and Horsfall (1959); dan el nombre de endocorion= corion y cutícula serosa= endocorion (Clements, 1992; Monnerat *et al.*, 1999).

La serosa que una membrana formada por las células extra-embrionarias que rodean todo el embrión de muchos insectos (Slifer, 1937; Clements, 1992; Handel *et al.*,

2000). Es importante para el desarrollo de los embriones de los insectos, que los protege contra la exposición de bacterias (Gorman *et al.*, 2004) e insecticidas (Berger-Twelberck *et al.*, 2003). En los mosquitos del genero *Aedes* se ha demostrado que la formación de la SC esta relacionado con la resistencia a la desecación del huevo (Telford, 1957; Beckel, 1958; Harwood y Horsfall, 1959; Clements, 1996). Es sintetizada en la embriogénesis temprana (Clements, 1992). La cáscara se compone de dos capas, el exocorion y endocorion (Valle *et al.*, 1999). Y la SC se convierte en la tercera capa de la cáscara del huevo, que se extiende debajo de la endocorion (Beckel, 1958; Clements, 1992).

Por lo que la cutícula serosa no se considera un "cutícula embrionica " *per se*, ya que es secretada por las células extraembrionarias serosa y no por el embrión en sí (Konopova, 2005).

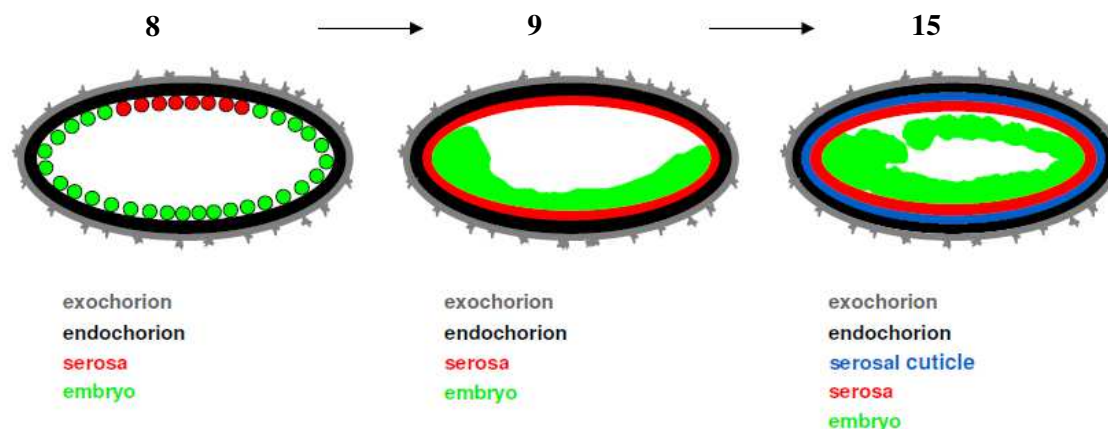
En los huevos de *Ae. aegypti* la serosa extraembrionria rodea completamente al embrión a las 9 horas post oviposición (HPO). Seguido por la abrupta formación de la SC, entre las 11-13 HPO. (Lazzaro- Rezende *et al.*, 2008); Fig. 4. Lo que corresponde a 3.2 % del desarrollo embrionario total (Kliwer, 1961).

La exposición a un largo periodo de sequía antes de la formación de la SC, se traduce al bloque de la eclosión. Po el contrario, si el mismo procedimiento sucede después de la formación de SC. Todas las larvas son viables, ya que impide que el agua escape del embrión (Gander, 1951; Telford, 1957; Hardwood, 1959; Kliwer, 1961). Dándonos una relación directa entre la formación de la SC y la adquisición a la desecación. Los embriones tempranos tampoco son impermeables al agua debido a sus finas capas (Li 2006, Moreira *et al.*, 2007). A diferencia del corion, la cutícula serosa es

resistente a la digestión de cloro, siendo ésta precisamente la propiedad en identificación. Si bien se afirmó en la década de 1950 que la cutícula serosa de los mosquitos contiene quitina como uno de sus componentes (Beckel, 1958; Hardwood, 1958), pruebas concluyentes de que aún falta. Por otra parte, la cinética de la SC es la secreción durante la embriogénesis es desconocido.

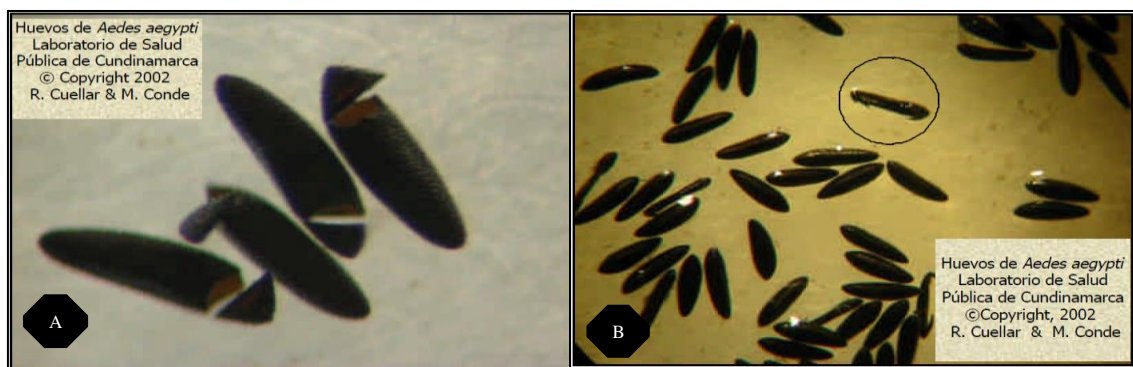
La quitina es un homo-amino-polisacárido formado por  $\beta$ -1, 4 ligados por unidades de N-acetil-D-glucosamina (GlcNAc) (Merzendorfer, 2006). Es el segundo biopolímero más abundante en la naturaleza, presentes en los hongos, nemátodos y artrópodos (Roncero, 2002; Zhang, 2005; Weiss *et al.*, 2006) La quitina sintasa (CHS) es la enzima responsable de la formación de la quitina de polímeros (Merzendorfer y Zimoch, 2003; Saxena *et al.*, 2005).

En los insectos la quitina está presente en el exoesqueleto así como en la matriz peritrófica del intestino medio (Saxena, 1995; Zhu, 2004; Arakane *et al.*, 2004-2005; Hogenkamp, 2005; Merzendorfer 2006).



**Fig. 4** Cronología de la formación de las capas internas del huevo de *Aedes aegypti*. Esquema de la estructura de un embrión y las capas de los huevos (sección transversal). La cutícula serosa (propiedad de resistencia a la desecación); se desarrolla entre las 11 - 13 horas post-oviposición (HPO). Fuente: Lozzano-Rezende *et al.* 2008.

Muchos huevos tienen un periodo de suspensión o interrupción en su desarrollo conocido como diapausa, debido a la ausencia de factores externos como internos suficientes para que eclosionen. Cuando el embrión ya está completamente formado, el huevo resiste a la desecación y puede sobrevivir por periodos de varios meses hasta más de un año. Los huevos de una misma postura, sumergidos simultáneamente en agua, no eclosionan al mismo tiempo y la diferencia entre la primera eclosión de la larva y la última eclosión oscila hasta en un mes o más. No todos los huevos se incuban cuando están inundados (CDC, 1980). Mirsa (1956) encontró que la salida de las larvas de los huevos sucede rápidamente en algunos segundos y se realiza por medio de una rotura transversal en el extremo ancho del huevo. En cuanto a los huevos no fecundados, estos generalmente se abren en el agua de otro modo, ya que en uno de los dos extremos del huevo, se abren los vástagos tomando el aspecto de hojas semi-abiertas de un cortaplumas y en este estado permanecen en el agua. También es posible encontrar los huevos no fecundados sin haberse abierto (Fig. 5).



**Fig. 5** A) Eclosión normal y B) Eclosión anormal de los huevos de *Aedes aegypti*.

### 5.1.2. La Larva y pupa

Las larvas y pupa de *Ae. aegypti* son acuáticas, y como en la mayoría de los insectos holometábolos (con metamorfosis completa), los estadios larvales son el período de crecimiento y desarrollo. Las larvas se alimentan prácticamente durante todo el día de cualquier materia orgánica acumulado en las paredes y en el fondo del recipiente, utilizan sus sedas bucales que tienen forma de abanico (Nelson, 1986).

Las larvas inician un ciclo de cuatro estados ó instar larvarios, creciendo a lo largo de tres mudas desde un largo de 1 mm a los 6 o 7 mm finales. El primer estadio larval es la forma que emerge del huevo, transcurre en uno o dos días que ha dedicado a alimentarse y a crecer; ocurre la muda y surge el segundo estadio. Inmediatamente después de la muda la cápsula cefálica y el sifón son blandos y transparentes, al extenderse permite el subsecuente desarrollo, se endurecen y oscurecen. Después del segundo estadio, la cápsula cefálica y el sifón no cambian de tamaño, el tórax y el abdomen crecen considerablemente durante cada fase.

La duración del desarrollo larval está en función de la temperatura (25 a 29°C, en 5 a 7 días), la disponibilidad de alimento y la densidad de larvas en el criadero. En condiciones óptimas, el período larval desde la eclosión hasta la pupación puede ser de cinco días, pero por lo regular ocurre de siete a catorce días. Son incapaces de resistir temperaturas inferiores a 10°C, superiores a 44° o 46°C, impidiéndose a menos de 13°C su pasaje a estadio pupal.

Los primeros tres estadios se desarrollan rápidamente, el cuarto se toma más tiempo aumentando considerablemente su tamaño y peso, en condiciones de baja temperatura o escasez de alimento el cuarto estadio puede prolongarse por varias

semanas. Las larvas y las pupas de los machos se desarrollan más rápido que las hembras para garantizar la fecundación. En un ambiente estable, la mortalidad más elevada frecuentemente ocurre en los primeros estadios larvales, o en su defecto en la mayoría de los hábitats que se encuentran en condiciones inestables, principalmente los recipientes desechados pequeños como latas, llantas, botellas, etc., que están en la intemperie, expuestos a la desecación e inundación con rebosamiento por agua de lluvia. Por otro lado los recipientes empleados para almacenar agua para uso doméstico suelen ser vaciados y lavados o se retira continuamente cantidades variables de agua que es reabastecida. Es posible que estas sean las causas de mayor mortalidad de larvas y pupas (Nelson, 1986).

Las pupas no se alimentan. Su función es la metamorfosis del estadio larval al adulto. Las pupas de los mosquitos son diferentes a las de otros insectos holometábolos por presentar reacciones inmediatas a estímulos externos tales como vibraciones y cambios en la intensidad de la luz, desplazándose activamente por todo el criadero. Cuando están inactivas flotan en la superficie, esta propiedad facilita la emergencia del adulto. El estadio de pupa dura aproximadamente dos o tres días, emergiendo alrededor del 88% de los adultos en cuestión de 48 horas (Méndez *et al.*, 1996).

### **5.1.3. El adulto ó imago**

La función más importante del adulto de *Ae. aegypti* es la reproducción. En la mayoría de los insectos voladores, inclusive otras especies de mosquitos, el adulto también hace la labor de dispersión de la especie. Sin embargo, para *Ae. aegypti* el transporte pasivo de huevos y larvas en recipientes ha tenido mayor trascendencia en su



distribución (Nelson, 1986), en la que el hombre ha participado en forma determinante en comparación con la dispersión activa propia de la especie. Al emerger de la exuvia de pupa, el mosquito adulto se posa sobre la pared del criadero durante minutos para permitir el endurecimiento del exoesqueleto y de las alas, en los machos en este tiempo también ocurre rotación de 180° de su terminalia genital.

5.1.3.1 Copula: Antes de 24 horas después de haber emergido a adulto, ambos sexos están listos para el apareamiento, alrededor del 58% de las hembras nulíparas son inseminadas antes de su primera alimentación sanguínea, un 17% durante y el 25% es inseminada entre la segunda alimentación y la primera oviposición; los machos rondan como voladores solitarios aunque es más común que lo hagan en grupos pequeños (Schoof, 1967; Bates, 1970; Kettle, 1993).

Esto facilita el apareamiento ó cortejo que por lo general se efectúa durante el vuelo, en donde las hembras pueden hacer enjambres de pocos individuos, el macho reconoce este ruido producido por la frecuencia del movimiento de sus alas, vuela hacia el enjambre, Schoof (1967) señala que también ocurre sobre superficies verticales u horizontales; el macho sujeta el ápice del abdomen de la hembra con su terminalia e inserta su *aedeagus* en el receptáculo genital de la hembra. La *bursa copulatrix* de la hembra se llena de esperma que pasa de inmediato a la espermateca en menos de dos minutos. Acto seguido el mosquito macho deposita una proteína llamada matrona, la cual su función es evitar que otro macho intente fecundar de nuevo a la hembra, aun cuando la hembra no lo busque, (Christophers, 1960). Una inseminación es suficiente para fecundar todos los huevos que la hembra produzca en toda su vida.

5.1.3.2 Ingesta de sangre: Las hembras se alimentan de sangre de cualquier vertebrado: de aves, murciélago, monos, vacas, perros, conejos, cuyo, ratones, etc. (Mirsa, 1956), También de ranas y tortugas, pero, por sus hábitos domésticos muestran marcada predilección por la del hombre (Woker, 1937; Tinker y Olano, 1993). Siguen los olores y gases emitidos por el huésped (CO<sub>2</sub>), al estar cerca utilizan estímulos visuales para localizarlo mientras sus receptores táctiles y térmicos las guían hacia el sitio donde se posan. La alimentación sanguínea les proporciona proteínas para el desarrollo de los huevos. La alimentación y la postura ocurren principalmente durante el día registrando mayor actividad en las primeras horas de haber amanecido, a media mañana, a media tarde o al anochecer (Tinker y Olano, 1993), proporcionando a la hembra la maduración de los oocitos (Detinova, 1962; Klowden y Lean, 1978).

Galum (1967), enuncia que en el reposo de toma de sangre un mosquito cumple con cuatro etapas sucesivas: 1) reconoce el huésped y reposa sobre él, 2) explora la zona y pica, 3) succiona la sangre, 4) retira la probóscide de la piel.

Por lo general, las hembras pican una sola vez para una ingesta de sangre, pero en numerosas ocasiones las hembras pican dos o más veces; no obstante, tomas de sangre repetidas se observan generalmente en hembras relativamente débiles, (Scott *et al.*, 1997). De hecho, *Ae. aegypti* puede alimentarse más de una vez para cada oviposición (Scott *et al.*, 1993), especialmente si es perturbado antes de estar completamente lleno el abdomen o que se encuentra a repleción, (OPS, 1995). En comparación con una sola alimentación, múltiples tomas de sangre de un solo ciclo gonotrofico aumenta las oportunidades para que el vector ingiera y transmita la infección viral (Dye, 1992; Scott *et al.*, 1997). El promedio mínimo de sangre que debe ser

ingerida, para que la hembra desarrolle huevos en los ovarios es de 0.9 mg. en *Ae. aegypti* y de 0.7 en *Ae. albopictus* (Do Si, 1976).

Es común que después de cada alimentación sanguínea la hembra desarrolle un lote de huevos, la primera generación de óvulos requiere por lo menos dos alimentaciones sanguíneas para su maduración, aunque *Ae. aegypti* suele alimentarse más de una vez entre cada postura, es decir por alimentaciones múltiples, especialmente si es perturbada antes de estar completamente satisfecha con de dos a tres miligramos de sangre, mientras se alimenta desecha gotas de un fluido claro. Desarrolla y pone alrededor de 100 huevos. Hay un umbral en la distensión abdominal del estómago que estimula el desarrollo de los ovarios, por lo que una alimentación escasa produce menos huevos por lote y si es muy reducida no se producen (Nelson, 1986; Kettle, 1993).

5.1.3.3 Ciclo gonotrofico: el intervalo de tiempo que transcurre entre la alimentación sanguínea ó toma de sangre, seguida de la digestión de la sangre, maduración de los oocitos y la oviposición (ciclo gonotrófico) es de 48 horas en los trópicos bajo condiciones óptimas de temperatura. (Detinova, 1962; Klowden y Lea, 1978). Por lo general, llega a ocurrir alimentación de nueva cuenta el mismo día en que se ponen los huevecillos. La temperatura tiene una importante influencia en la duración de la digestión de la sangre y el desarrollo de los ovarios, pues tiende a retardarse a bajas temperaturas. Una baja humedad tiende a incrementar la duración de estos procesos. La mayoría de las posturas ocurre cerca del crepúsculo. La hembra grávida prefiere los recipientes oscuros o sombreados que contienen agua relativamente limpia, clara y transparente. Los huevos quedan adheridos a las paredes del recipiente en la zona

húmeda justamente encima de la superficie del agua; la hembra suele distribuir los huevos de un mismo ciclo gonotrófico en varios recipientes.

Por lo general, la hembra de *Ae. aegypti* no se desplaza más allá de 5,000 m de distancia de radio de vuelo en toda su vida, permanece físicamente en donde emergió, siempre y cuando no halla algún factor que la perturbe o no disponga de huéspedes, sitios de reposo y de postura. En caso de no haber recipientes adecuados, la hembra grávida es capaz de volar hasta tres kilómetros en busca de este sitio. Los machos suelen dispersarse en menor magnitud que las hembras (Nelson, 1986; Kettle 1993).

En áreas tropicales donde la temperatura es constante por los largos periodos, la duración del ciclo gonotrófico varía menos que en zonas donde hay marcadas estaciones climáticas. Un mosquito hembra tiene varios ciclos gonotróficos en su vida.

La duración de cada ciclo gonotrófico en hembras gono-activas depende de: 1) tiempo requerido para encontrar y alimentarse de un huésped, 2) tiempo requerido para la digestión de la sangre y el desarrollo de los ovarios, 3) el tiempo hasta que oviposite. (WHO, 1975).

Después de cada ingesta de sangre la mayoría de las hembras desarrollan un lote de huevos (Mirsa, 1956). Generalmente es suficiente una sola toma de sangre para después de su digestión, lleguen los ovarios a su pleno desarrollo, pero puede ocurrir lo contrario y entonces la hembra necesita tomar sangre de nuevo, denominado disarmonía gonotrófica.

Morrison *et al.*, (1999), documentaron que la hembra con ciclos gonotróficos cortos tienen una alta probabilidad de realizar más oviposturas en su vida como adulto que una hembra con ciclos gonotróficos largos. Frecuentemente el *Ae. aegypti* realiza

múltiples tomas de sangre de un ciclo gonotrófico, (Pant y Yasuno, 1973; Scott *et al.*, 1993), asimismo, las hembras requieren más de 10 días para finalizar su primer ciclo gonotrófico entendiéndose esto como el tiempo transcurrido desde la ingesta de sangre hasta la última postura, (Mather y DeFoliart, 1983).

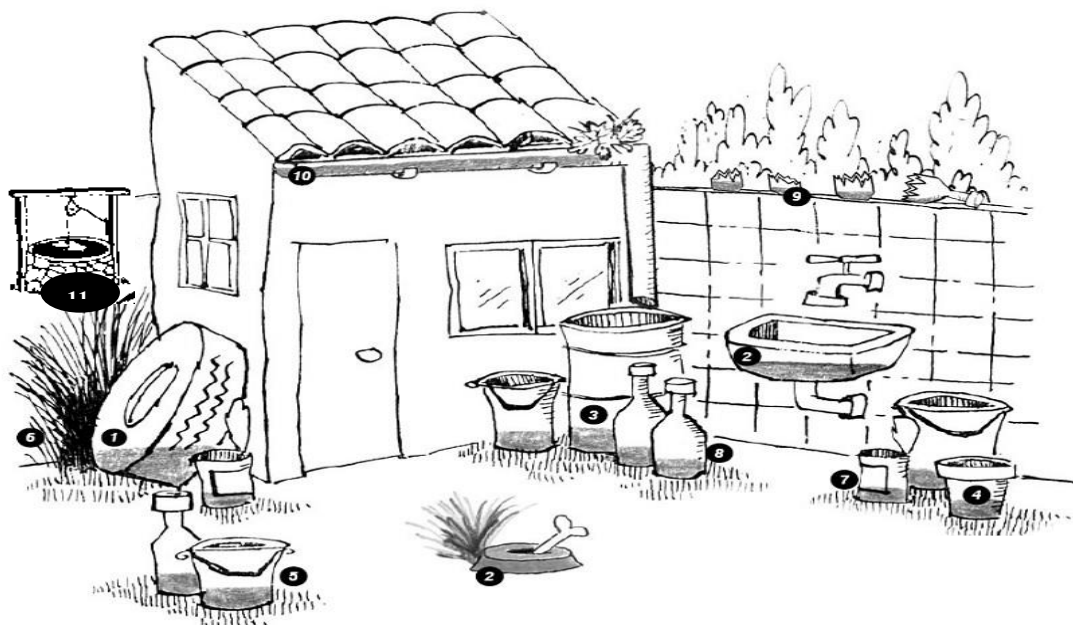
5.1.3.4 Ovipostura: Habitualmente *Ae. aegypti* realiza sus oviposturas al tercer día después de su ingesta de sangre, pero un pequeño porcentaje de las hembras hacen sus oviposturas al cuarto día, (Mirsa, 1956). Surtees (1967) especificó que las hembras ponen generalmente sus huevos sobre la superficie del agua o en superficies muy húmedas, así mismo indicó que los factores que pueden afectar la ovipostura en el *Ae. aegypti* son la contaminación del agua, la profundidad del agua y la superficie en donde son ovipositados, la temperatura y la intensidad de la luz. Se entiende por criadero a todo cuerpo de agua que puede ser colonizado por la hembra *Ae. aegypti* para la ovipostura, eclosión del 1er estadio larvario, el desarrollo de la larva a su 2º, 3er y 4º instar, hasta llegar a pupa y posteriormente la emergencia de adultos (Benavides *et al.*, 1997). Usualmente los recipientes artificiales tan abundantemente proporcionados por la moderna sociedad industrial son en gran medida el más importante lugar de ovipostura y de cría, además de ser esenciales para la producción y la conservación de las grandes poblaciones del *Ae. aegypti*. Algunos recipientes son más atractivos para los mosquitos que otros, como los neumáticos, albercas inservibles, abrevaderos de los animales domésticos, latas, floreros, tambos de plástico y metal, piletas, botellas de plástico y sus criaderos naturales (los huecos de árboles), etc.

Las hembras *Ae. aegypti* son atraídas por los recipientes de colores con bocas anchas, especialmente si se encuentran a la sombra, (CDC, 1980). Benavides *et al.*,

(1997) encontraron que los criaderos permanentes más importantes y de uso obligatorio son las tambos de plástico o metal ó depósitos de agua de los lavaderos de ropa y tanques elevados de almacenamiento de agua para consumo.

Las hembras prefieren para su ovipostura en agua limpia (Mirsa, 1956), evitando los recipientes muy contaminados. La ovipostura la realizan principalmente por la tarde y los huevecillos se agrupan individualmente (CDC, 1980).

5.1.3.5 Los criaderos: Los cuerpos de agua donde se lleva a cabo la fase acuática del *Ae. aegypti* son comúnmente llamados criaderos artificiales (Fig. 6). Todo recipiente capaz de contener agua y con la presencia de la larva del mosquito puede transformarse en criadero. En general, son producidos por el hombre y ubicados dentro o cerca de las casas.



**Fig. 6** Tipos de criaderos que pueden encontrarse en las áreas domesticas ó peridomésticas a una densidad de población. Ejemplos de criaderos: 1) Cubiertas viejas (llantas), 2) Bebederos de las mascotas, 3) Barriles, toneles, tambos 200 L., 4) Macetas (c/ lirios acuáticos), 5) Recipientes descartados, 6) Plantas, 7) Latas descartadas, 8) Botellas (plástico y vidrio), 9) Pedazos de botellas en muros, 10) Canaletas de tejados, 11) Norias ó “pilas”, entre otras. Fuente: nuestromar.com

En realidad, de las características de los criaderos, depende la presencia permanente o temporal de la larva de los mosquitos (Zapata- Peniche *et al.*, 2007). El tamaño de los criaderos puede variar, e ir desde la tapa de un envase de refresco hasta una cisterna; pueden ser artificiales (plástico, metal, madera y cemento) o naturales (como son las axilas de los árboles, plantas o pequeños encharcamientos debidos a los accidentes del terreno).

La disponibilidad de agua es muy importante para aumentar la probabilidad de que los recipientes y puedan convertirse en criaderos de mosquitos: los almacenes de agua de uso doméstico (tinacos, pilas, tambos, bebederos de animales, cisternas de agua o floreros), almacenes temporales, tales como llantas de vehículos y demás recipientes sujetos a llenarse de agua de manera premeditada, accidental o natural por efecto de la lluvias, como: envases de plásticos, vidrio ó carton de tetrapack, latas de aluminio, ya sea de alimentos perecederos ó refrescos, desechos domésticos, etcétera. El nivel socioeconómico de las familias que habitan una casa hace que varíen la cantidad y características de los recipientes. Éstos, por la naturaleza de su uso, pueden ser desechables o útiles, controlados o fuera de control (Nájera-Vázquez, 1997).

Por lo regular, la hembra del *Ae. aegypti* deposita sus huevos alrededor de las partes húmedas de los cuerpos de agua. Hay preferencia a ciertos tipos de criaderos, dependiendo de su oxigenación, temperatura, humedad, disponibilidad de alimento, capacidad, estabilidad del agua, color y olor, entre otros, aunque esto no es limitante para encontrar ocasionalmente una gran diversidad de criaderos (Surtees, 1967). Entre los que se encuentran: las llantas, las piletas ó “pilas” y las tambos de 200L. La rapidez

con que se desarrollan las larvas y pupas depende en gran medida de las características del microambiente.

## 5.2 Historia del vector

Las hembras del mosquito *Ae. aegypti* se consideran las más eficientes de los mosquitos vectores por sus marcados hábitos domésticos, ya que satisface todas sus necesidades vitales en la vivienda humana, por lo cual el hombre ha jugado un papel importante tanto en su proliferación así como en su dispersión.

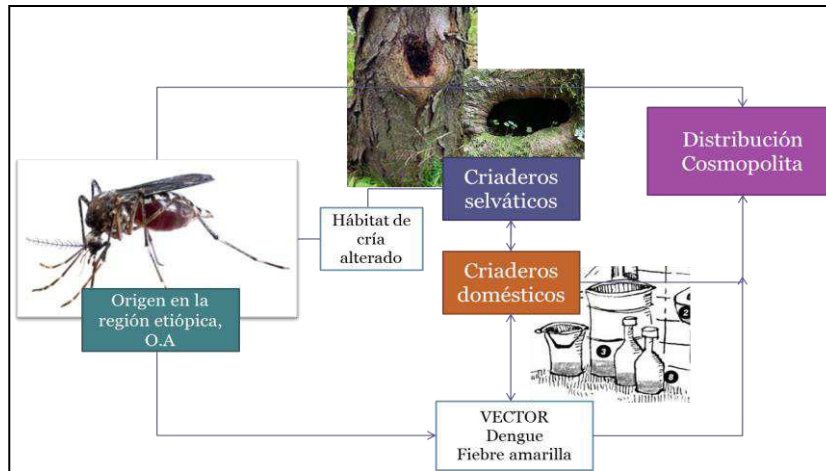
Factores involucrados en su biología son condicionantes de su capacidad vectorial y de su eficacia como transmisor, la preferencia por un huésped humano, sus hábitos de picadura, susceptibilidad del vector y del huésped a la infección, densidad vectorial, longevidad y variables del macro ambiente tales como: temperatura, precipitación pluvial, humedad, altitud, vegetación y hábitat larvario. La interacción de todas éstas y otras variables determinan la probabilidad e intensidad de la transmisión.

El hábito de cría se ha alterado considerablemente con el tiempo y se han encontrado no solamente selváticas, sino también domésticas (Fig. 7). Mientras que en los países del resto del mundo, solo se encuentran las formas domésticas (Cheong, 1967).

Las hembras del mosquito de *Ae. aegypti* se consideran las más eficientes de los mosquitos vectores por sus marcados hábitos domésticos, ya que satisface todas sus necesidades vitales en la vivienda humana, por lo cual el hombre ha jugado un papel importante tanto en su proliferación como en su dispersión. El incremento de su área original de dispersión, hasta constituirse en un mosquito cosmopolita, ocurrió en forma paralela al desarrollo tecnológico de los medios de transporte y el aumento del comercio



internacional durante la segunda mitad del siglo XIX. Se considera que originalmente fue silvícola y posteriormente se fue adaptando al hábitat doméstico y urbano de los tiempos modernos (Reyes-Villanueva, 1990).



**Fig. 7** Hábito de cría alterado a través del tiempo. Ubicándose ahora no solamente en áreas selváticas ó rurales. También se han construido paso en lugares urbanos.

Se cree que esta especie se introdujo al Continente Americano desde que se dieron las primeras incursiones colonizadoras, motivando reiteradas epidemias de fiebre amarilla urbana, que ya se registraban previamente, de forma focal, en la América precolombina mediante otros mosquitos vectores autóctonos y en diversas áreas del continente (OPS, 1995). Su presencia es o fue detectada principalmente en las áreas tropicales o subtropicales, y su distribución se delimitaba por las latitudes 45° norte y los 35° sur, en las zonas isotermales intermedias a los 20°C (Gadelha y Toda, 1985); hoy en día se le ha encontrado en sitios mas altos y mas fríos de los inicialmente reconocidos (Nelson, 1986). En México ha causado brotes de dengue clásico hasta los 1,760 msnm. Con excepción de Canadá y de áreas donde la altitud, temperatura u otras condiciones climáticas han impedido su colonización, *Aedes aegypti* infesta o ha infestado todos los países del continente.

Migro durante los siglos XV – XVII a bordo de barcos con esclavos, estableciéndose y propagándose rápidamente y convirtiéndose durante siglos en un grave problema de salud pública, como un efectivo vector de arbovirosis, pero su mayor importancia epidemiológica, está ligada a su papel como transmisor de fiebre amarilla y, con mayor actualidad, del dengue. (Christophers, 1960). Inicialmente se conoció como el mosquito de la fiebre amarilla, porque durante siglo esta especie ha transmitido fiebre amarilla urbana convirtiéndose en un grave problema de salud pública en África y en las Américas (Soper, 1965). En 1903 se identificó *Ae. aegypti* como primer vector de una enfermedad viral (Soper, 1967). Thomas Lane Bancroft (1906), publicó la primera prueba de que el mosquito *Ae. aegypti* era el vector de la enfermedad, alimentando a las hembras con sangre de una persona durante la fase aguda de la enfermedad y fue capaz de transmitir el agente a otra persona después de un periodo de incubación de 10 días. Confirmandose en 1919 definitivamente por Cleland *et al.* (Halstead, 2008).

La hipótesis de que el *Ae. aegypti* era el vector del virus de la fiebre amarilla fue propuesta por el médico cubano Carlos Finlay en 1881 y confirmada por el médico norteamericano Walter Reed hacia 1901 (Gast-Galvis, 1982). Y estableció en Cuba (Leonard, 1990), la modalidad vectorial de transmisión de la virosis por parte de *Ae. aegypti*, que es fehacientemente demostrada mediante los célebres experimentos del Campamento Lazear.

### 5.2.1 Erradicación del mosquito de *Aedes aegypti*.

A principios del siglo pasado, el mosquito *Ae. aegypti* se encontraba prácticamente en todo el Continente, desde el sur de los Estados Unidos de América hasta Buenos Aires, Argentina (Nelson, 1986). En los años 20's se hicieron avances para el control de este vector, principalmente en Brasil y México. Los países miembros de la Organización Panamericana de la Salud deciden erradicar al mosquito *Ae. aegypti* del Hemisferio Occidental, en un esfuerzo para prevenir la fiebre amarilla urbana, participaron la mayoría de los países de Centro y Sudamérica, durante los años 50's y 60's, lograron reducir significativamente las epidemias de dengue, que ocurrieron sólo esporádicamente en algunas islas del Caribe durante este período (Gubler y Clark, 1995).

La primera evaluación nacional del área infestada por el vector, mostró que comprendía un millón de kilómetros cuadrados de los trópicos del país, sin registro por arriba de los mil metros sobre el nivel del mar, el 50% de la superficie total del país se encuentra bajo esta acotación. El peligro que significaba la incursión de la fiebre amarilla a ciudades infestadas, determinó que 1957 se iniciara el Programa de Erradicación del *Ae. aegypti* con base en rociado intradomiciliario (Novo, 1964; Torres, 1966). En 1962 se dio fin a las operaciones de rociado de la Campaña de Erradicación de *Ae. aegypti*. El 6 de agosto de 1963, el Doctor José Álvarez Amésquita, Secretario de Salubridad y Asistencia, hizo al Doctor Luther Terry, Surgeon General de Public Health Service, del Department of Health, Education and Welfare de los Estados Unidos de América, la entrega de la última pareja de *Ae. aegypti* capturados en el país, con este acto simbólico culminaba una lucha de siglos, el azote de la fiebre amarilla urbana, y una larga campaña de inmunización y exterminio de mosquitos (Novo, 1964).

El éxito espectacular de la Campaña de Eliminación de la Fiebre Amarilla Urbana basada en la erradicación del mosquito vector *Ae. aegypti*, se logró gracias a la Comisión Nacional de Erradicación del Paludismo, cubrió más del 60% del área “aélica” eliminando al vector de manera contundente como consecuencia de un doble propósito, más el financiamiento suficiente para contar con personal capacitado adscrito a un programa específico vertical, con cobertura total de zonas infestadas con plazos programados (Schmunis, 1998). La verificación de la Organización Panamericana de la Salud declaró erradicado al mosquito *Ae. aegypti* del país en septiembre de 1963 (Ortiz, 1984).

Para 1962, 18 de las 49 naciones continentales e insulares del Caribe confirmaron la erradicación del mosquito (Schmunis, 1998). Continuaron siempre infestados los Estados Unidos de América, Cuba, Venezuela y otros países del Caribe, a pesar de ello las Campañas emprendidas también erradicaron la fiebre amarilla urbana (OPS, 1996). Los Estados Unidos de América aprueban el programa hasta 1963 e interrumpe actividades seis años después, en 1970 oficialmente el Programa de Erradicación es suspendido (Gubler, 2005), y en 1985 la XXXI Reunión del Consejo Directivo aprobó la Resolución sobre el control o la erradicación de *Ae. aegypti*, interpretada como el fin de la política de su erradicación en la Región. Sin embargo, debido a problemas financieros, políticos, técnicos y administrativos, la gran mayoría de los países se han re-infestado nuevamente.

En 1967 México se re-infesta debido al dismantelado de los programas, por la escasez de recursos financieros específicos, después de 4 años de erradicación. El dengue surge como un problema en las regiones tropicales y subtropicales (Gómez-

Dantés, 1994). En 1971 se reporta el primer caso de dengue post erradicación (Badii *et al.*, 2007). En 1995 la distribución geográfica del vector es similar a la que había antes de iniciarse los Programas Nacionales de Erradicación (Gubler, 2005).

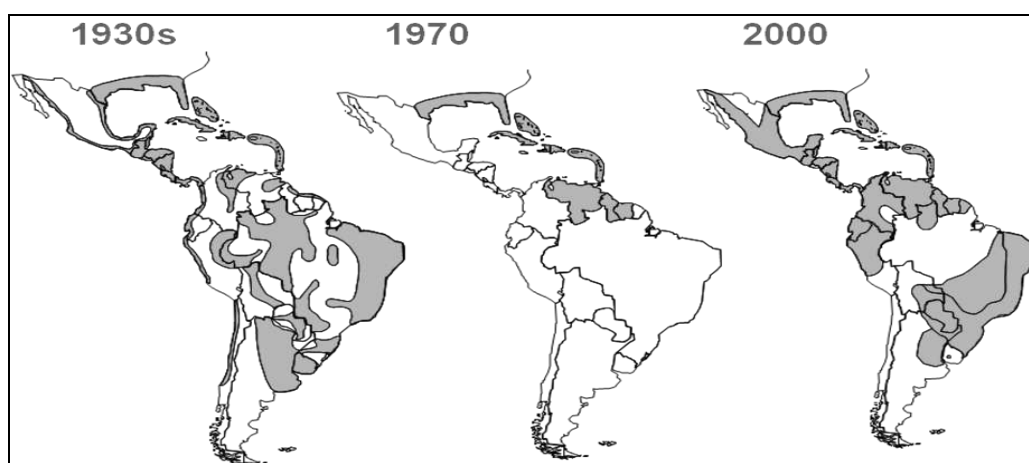
### **5.2.2 Re-infestación del vector**

Según expertos de la OPS, el resurgimiento del dengue y la presencia actual de la fiebre hemorrágica del dengue en el Continente, es debido en gran parte al deterioro o desaparición de los programas de erradicación de *Ae. aegypti*, por lo que en 1995 se estimaba que la distribución geográfica del vector ya era similar a la anterior de las campañas exitosas de erradicación de los años 50 y 60, y en 1997 sólo quedaban libres del vector Canadá, Chile y Bermuda, Fig. 8 (OPS, 1997).

5.2.2.1 Causas: Los países que se mantuvieron infestados se convirtieron en fuentes de reinfestación (OPS, 1996). En México, gran proporción de la reinfestación se dio por la importación de llantas usadas procedentes de los Estados Unidos de América (Schmunis, 1998). Además del deterioro de las Campañas de Erradicación de *Ae. aegypti* y del Paludismo. Así como otros factores de índole biológica y socioeconómica como es el almacenamiento de agua por problemas de abastecimiento, el crecimiento exponencial de recipientes con capacidad de retener agua, el incremento en los viajes que han facilitado la difusión y dispersión del virus, principalmente en los años 70 y 80, como consecuencia el mosquito y el padecimiento se volvieron a propagar a niveles alarmantes (OPS, 1997).

5.2.2.2 Consecuencias: La introducción del dengue en su forma más grave jamás registrado en la Región. Inició en Cuba con 344,203 casos incluyendo 10,312 graves y 158 defunciones. Venezuela, Brasil y Colombia en los 90's y así sucesivamente (OPS, 1995). La OPS exhorto a los países de la Región a trabajar firmemente en la prevención con medidas de control del vector y vacunación (OPS, 1996).

A finales de 1978 se registraron inicialmente en el sur de México los primeros casos de dengue, diseminándose este padecimiento siguiendo el patrón de distribución del vector, con secuencia muy similar a la ocurrida en la re-infestación, a la fecha a ocurrido un gran numero de brotes de dengue clásico (agudo), hemorrágico (severo) y defunciones; 29 entidades federativas total y parcialmente comprenden áreas endémicas al padecimiento, lo cual representa un problema importante en la salud publica. A principios de los 80's se inicia un programa de Prevención y Control del dengue el cual no ha logrado abatir este padecimiento, en los años recientes han cristalizado en gran parte los esfuerzos enormes por reestructurar este programa tanto en recursos humanos, materiales y principalmente en las estrategias que están basadas en la bionomía del vector.



**Fig. 8** Reinfestación de *Aedes aegypti* en el Continente Americano. Fuente: Badii *et al.*, 2007.

### **5.2.3 Coordinación intra e interinstitucional**

La decisión para emprender un programa efectivo de prevención y control del dengue, ha sido tomada por los responsables de la Salud Pública, tanto del nivel nacional como local. Las autoridades han asumido la responsabilidad, integrando a todas aquellas instituciones que tengan alguna función que se relacione con esta tarea o estén en la posibilidad de aportar recursos que se puedan utilizar en esta gran empresa, ya sean Representaciones u Organizaciones Gubernamentales o No Gubernamentales. El Sector Salud considerando diferentes instancias internas comprometidas en sus funciones y atribuciones, los Servicios Municipales, el Magisterio y otras Instituciones Educativas, los Grupos u Organismos que dan servicios de emergencia, las Fuerzas Armadas, los Grupos Ecologistas, los Grupos Organizados de la Comunidad, entre otras.

Ante la reaparición del serotipo DEN-3 en América Latina y una serie de factores de alto riesgo, se ha considerado de gran importancia que los laboratorios nacionales de Salud Pública sean capaces de monitorear la presencia de este serotipo, por lo cual la Organización Panamericana de la Salud (OPS), con la asistencia del Centers for Disease Control (CDC) y del Instituto Pedro Kourí de la Habana, Cuba, han trabajado conjuntamente en este propósito. También han preparado planes de emergencia, han hecho publicaciones científicas, han efectuado talleres, reuniones de expertos y promovido el intercambio y visitas de consultores a diversos países miembros de este organismo, dentro de los cuales se ha beneficiado ampliamente México (CDC, 1995), y ha hecho un gran esfuerzo interno con resultados satisfactorios.

### 5.3 El Dengue

#### 5.3.1 Etimología del Dengue

El termino dengue fue introducido a la terminología médica adaptada del swahili *dinga, dyenga* ó *kidenga pepo*, que significa “golpe súbito causado por espíritu maligno”. En Indonesia (1779) se uso el termino *Knokkel-Koorts*. Mientras que en Filadelfia, E.U.A., emplearon *breakbone fever* ó *dandy fever* hacia 1980 (SSA, 1993).

#### 5.3.2 Definición de la enfermedad

Enfermedad viral febril e infecciosa-aguda, es perteneciente al grupo de los Arthropod- Borne- Virus ó arbovirus de la Familia *Flaviviridae* y Género *Flavivirus*. La más importante en términos de mortalidad, morbilidad y de descuido ambiental (Kroeger y Nathan, 2006; Gualdron- Sánchez, 2007).

Con un aspecto sintomático muy bien diferenciado, que se indica a continuación:

- a.- Un síndrome viral o fiebre indiferenciada.
- b.- Fiebre del dengue, Dengue clásico o fiebre rompe huesos ó aguda: se caracteriza por        comienzo repentino, fiebre que dura de cinco días a siete días, cefalalgia intensa, dolores        retro-orbitales, articulares, musculares y erupción.
- c.- Dengue hemorrágico con o sin choque ó severo: caracterizada clínicamente por una        tendencia al desarrollo de un síndrome de choque que puede ser        mortal.

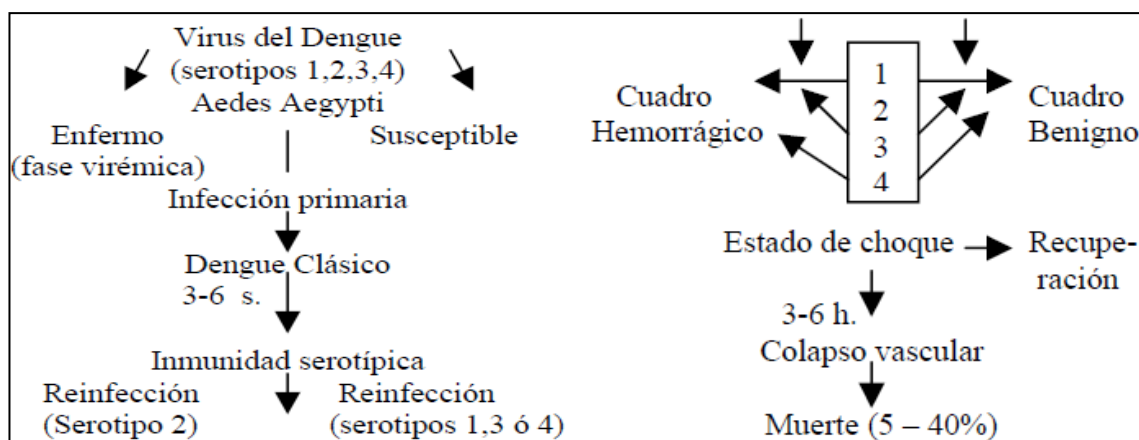


Transmitida por el mosquito *Aedes aegypti*; por la picadura de las hembras infectadas. La fuente de infección es el hombre, cuya sangre contiene el virus y puede transmitir la enfermedad en dos tiempos:

a.- Inmediatamente al picar a otro huésped cercano.

b.- Después de un período de incubación en el mosquito de 8-10 días durante el cual se multiplican en las glándulas salivales. No se transmite persona-persona.

El Período de Incubación va de 3 a 15 días, con un promedio de 5 – 6 días. Y en el Período de Transmisibilidad, los enfermos pueden infectar a los mosquitos transmisores desde el día anterior al comienzo, hasta el quinto día del inicio de los síntomas (Fig. 9). Todos somos susceptibles; la inmunidad es específica y por siempre para un tipo de virus. Puede ocurrir infección por cada uno de los virus. Dengue durante la vida de la persona (OPS, 2000).



**Fig. 9** Comportamiento del virus de sus cuatro serotipos (1, 2, 3 y 4) y desarrollándose el Dengue Clásico (agudo) ó una reinfección (2-1,3,4; etc.) dando lugar a Fiebre del Dengue Hemorrágico (severo).

### 5.3.3 Agente infeccioso: Serotipos

En los países del caribe circulan los cuatro serotipos y siendo una enfermedad endémica en la región. Son cuatro serotipos: DENV-1, DENV-2, DENV-3 y DENV-4. Cada serotipo crea inmunidad específica a largo plazo contra el mismo serotipo (homólogo), así como inmunidad cruzada de corto plazo contra los otros tres serotipos, durando varios meses. Capaces de producir infección asintomática, fiebre y cuadros severos que pueden conducir hasta la muerte (OPS, 2000). Algunas variantes genéticas parecen ser más virulentas o tener mayor potencial epidémico. En 1944 fueron aislados por primera vez el DENV-1 y DENV-2. DENV-3 y DENV-4 se aislaron en 1957, todos en humanos. Posteriormente, se lograron aislar los cuatro serotipos en mosquitos de la familia Culicidae. Los cuatro serotipos se encuentran distribuidos en diversos países de América:

- DENV-1: Caribe, Centro América, México, sur de EUA y Colombia.
- DENV-2: Caribe, México, Venezuela y Colombia.
- DENV-3: México y Centro América.
- DENV-4: Centro América, México y Colombia.

Pero, debido a las facilidades del movimiento migratorio alrededor del mundo, la distribución geográfica de este virus se ve modificada continuamente (CENAVECE, 2002).

### 5.3.4 Serotipos circulantes en México

En nuestro país, el serotipo que predomina es el DENV- 2, aunque los cuatro serotipos han estado presentes en algún momento. De 1994 a la fecha se ha realizado el seguimiento de los movimientos virales del Dengue por serotipos (PAHO, 2002). La presencia de los diversos serotipos de Dengue en el país incrementa el riesgo a padecer esta enfermedad.

<b>El serotipo D-1</b>	Desde 1994 no se detectaba asociado a brotes.  2002 se detecta en Centroamérica.  2002 reaparece en Yucatán.
<b>El serotipo D-2</b>	1999 en Chiapas.  2000 en Veracruz y Oaxaca.  2001 en Guerrero y Península de Yucatán.  2002 en el Pacífico Occ. y en México (Tamps., Hgo. y Coah.).
<b>El serotipo D-3</b>	1997 el serotipo se encuentra en el 90% del territorio nacional.  2001 casi desaparece.  2002 reaparecen brotes asociados en diversos estados.
<b>El serotipo D-4</b>	1995 en Pacífico, Noreste y Golfo de México.  1998 desapareció el serotipo.  1999 solo se detectó en Hidalgo, Tamaulipas y Veracruz.

## 5.4 Epidemiología

La distribución de la fiebre del dengue depende de condiciones geográficas y climáticas, que afectan la densidad de las densidades humanas, el comportamiento del vector y su patrón de distribución. Las relaciones entre clima y salud humana han capturado mucha atención por parte del público científico y medios de comunicación (Epstein, 1994). Tomándose a consideración los efectos de la variabilidad y cambio climático sobre la distribución geográfica de los vectores y el virus (McMichael *et al.*, 1996).

Otro factor socio-económico importante es la migración de personas de lugares endémicos (rural ó urbano) de dengue transporta ó introduce el virus a lugares aún no endémicos, siempre en presencia del vector. En donde el transporte aéreo permite desplazamientos extremadamente distantes. En la incidencia de muchas enfermedades humanas son aún de mayor importancia que los factores climáticos (Benenson, 1992).

### 5.4.1 Breve Panorama en México

En el periodo de 2011 a 2012 (16 Abril) se reportaron 13, 025 casos de Dengue, incluyendo 5, 556 de Dengue Hemorrágico. Del total (hasta la fecha ya establecida), el estado de Nuevo León notifico 815 casos. De los cuales 802 son dengue agudo ó clásico y solo 13 son del tipo Dengue severo ó hemorrágico. Sin embargo el estado de Yucatán a registrado (2011- 16 Abril 2012) el mayor número de casos con un total de 6, 564. En donde reportaron para Dengue clásico 4, 031 y 2, 533 para dengue hemorrágico (CENAVECE, 2012).

## 5.5 Profilaxis y Control del Vector

La estrategia para cada situación, incluyen: Vigilancia epidemiológica. Capacidad de la comunidad médica. Educación de la población (medidas personales). Eliminación ó tratamiento de criaderos (Benenson, 1992). Vigilancia entomológica es el estudio permanente y activo del estado de salud en la población. Tiene como propósito presentar opciones para la toma de decisiones. Medidas antivectoriales: Campañas de saneamiento (Descacharrización, Patio Limpio, etc.). Control Físico, Química y Biológico (OPS, 1996).

### 5.5.1 Medidas preventivas

La información, comunicación y participación comunitaria temprana en las comunidades acerca del ordenamiento del ambiente intra y peri-domiciliario evitando tener depósitos (acúmulo de agua en azoteas, superficies con desagües insuficientes y piscinas) promulgar reglas ambientales destinadas para impedir el acumulo de agua en espacios públicos (cementeros) y /o laborales (gomerías, playas de contenedores, etc). Minimiza el contacto hombre – vector. Tiene la única ventaja de hacer aportes al bienestar social y evitar los efectos indeseables del control químico sobre los ecosistemas.

5.5.1.1 Educación y Fomento a la Salud: Gubler y Casta-Valez (1991) hablan de la importancia de la prevención sostenible y que pueda depender de un control efectivo a largo plazo. Para que sea costeable y sostenible, debería obtenerse a través de la acción basada de la integración comunitaria. La población le da poca importancia a la Fiebre

Dengue, en las áreas endémicas, ya que lo ven como una enfermedad común. Ignorantes de la asociación de la picadura del “zancudo” y la enfermedad. Y la falta de información acerca de los estadios acuáticos y su morfofisis en “zancudos”. Por lo que con la fomentación de estas claves, se podría concientizar y así obtener el apoyo de la comunidad (Gómez- Dantes y Rodríguez, 1994).

El dengue es básicamente un problema de sanidad doméstica, que se podría resolver con bajo costo, con la ayuda de los integrantes de cada familia en la eliminación de sitios de crianza (OPS, 1995). La Campaña Nacional de Comunicación Social ha incrementado el uso de medio de comunicación elaborando mensaje: visuales y auditivos. En donde enfatiza la importancia de eliminar criaderos fuera y dentro de su domicilio ó del combate hacia los adultos.

Campañas masivas de descacharrización ó Patio Limpio, en contingencias, fomentan el cuidado de la salud. Desafortunadamente, pasado el gran evento se regresa a la apatía y al desinterés (CDC, 1995). La Secretaria de Educación Pública e instituciones afines, deben incorporarse a la promoción de medidas de profilaxis y control de los sitios de crianza. Además de participar en las vigilancias entomológicas, inculcar la salud de higiene, etc. (SSA, 1995).

5.5.1.2 Encuestas y evaluaciones entomológicas: para estimar la densidad de la población de mosquitos vectores, identificar sus criaderos, fomentando y llevando a la práctica su eliminación (Benenson, 1992).

En áreas infestadas por el vector es prescindible mantener determinada la distribución y densidad por estación. De esta forma se valora el impacto logrado con las medidas de control que se estén llevando a cabo. Por lo que las cabeceras municipales

deben realizar encuestas para establecer a) índices entomológicos de viviendas (larva, pupa y Breteau), además de b) muestreo de adultos (Trampa CDC ó Aspirador motorizado), c) huevos mediante las ovitrampas y d) Larvitrampas. Con un mínimo de vistas cada trimestra en las localidades identificadas.

- a) *Encuesta de estadios inmaduros acuáticos (larva, pupa y Breteau)*: Para iniciar la encuesta se debe elaborar un croquis lo más detallado posible en donde se enumeren las manzanas. El rendimiento de cada encuestador debe

NÚMERO DE CASAS EN LA LOCALIDAD	D/H	MÍNIMO DE CASAS A INSPECCIONAR	PROPORCIÓN		% APROX. DE COBERTURA
			CASAS	MANZANAS	
Menor o igual a 100	2	60	1 - 1	1 - 2	60
> 100 y < o igual a 500	4	120	1 - 3	1 - 1	24
> 500 y < o igual a 1000	6	180	1 - 5	1 - 1	18
> 1000 y < o igual a 2000	8	240	1 - 4	1 - 2	12
Mayor a 2000	10	300	1 - 4	1 - 3	15

ser de por lo menos 30 casas (día/hombre/empleado) Fig. 10. En total nos da entre el 5 y 10% de las casas; sin embargo en México rebasan incluso las 300 mil viviendas. Por lo que la muestra entomológica deberá ser dirigida a las zonas de mayor riesgo y con revisiones de alta calidad.

**Fig. 10** Número y metodología para seleccionar casas para las encuestas entomológicas. Fuente: Thirion- Icaza 2010.

La inspección la casa se inicia en el patio ó pórtico, después en el baño, cocina, comedor y por último habitaciones. Realizándose una inspección minuciosa de cualquier receptáculo que pueda contener agua (Nelson 1986). Estas se pueden clasificar como artificiales ó naturales:

-Recipientes artificiales: pueden ser: latas, botellas, frascos, pilas, piletas, tanques elevados, toneles, tinajas, floreros, canalones, bebederos, inodoros, etc. Los cuales pueden tipificarse en criaderos de interiores ó

exteriores de la casa y a los cuales se les pueda dar un tratamiento específico como lo es: abatizar, controlar ó eliminar (Fig. 11).

Las llantas usadas son una fuente importante ya que reúne condiciones micro-ambientales predilectas (Nelson, 1986).

Recipientes	Interiores	Exteriores
<b>Abatizables</b>	Floreros y plantas acuáticas; baños y tinas	Tanques y tambos, pilas y piletas, pozos y tinacos descubiertos, así como llantas.
<b>Controlables</b>	Botes y cubetas	Botes y cubetas; macetas y macetones
<b>Eliminables</b>	Diversos chicos (< de 5 l de cap.)	Diversos chicos (< de 5 l de cap.)

**Fig. 11** Recipientes ó criaderos artificiales positivos encontrados en las dentro y fuera de la casa.

- Recipientes naturales: como lo son los huecos de arboles próximos a las viviendas, axilas de las plantas (bromelias), cascara de frutos como el coco, conchas de moluscos, depresiones de rocas ó del terreno que esta revestido por materiales impermeables (Nelson, 1986).

Lo observado en la visita de las viviendas se registra en un formato, para obtener los índices de casa, recipiente, Breteau y pupa (Fig. 12).

- Índice de casas: se emplea para obtener un panorama general en cuanto a la distribución del vector en una localidad determinada.
- Índice de recipientes: indica la relativa preferencia relativa de cría de las larvas en ciertos recipientes.
- Índice de Breteau: combina lo dos anteriores proporcionando una mejor evaluación de la producción de larvas por casa,



señalando cada tipo de criadero la importancia relativa que tiene (Nelson, 1986).

A pesar de ser originalmente diseñados como estimadores en la transmisión de fiebre amarilla por *Ae. aegypti*, los índices anteriores han sido aceptados en todo el mundo para la evaluación del dengue. Aunque su utilidad es limitada y debería ser modificada por los sesgos de muestreo que presenta.

- Índice de pupas: algunos investigadores han comenzado a concentrar la atención sobre este índice, que sería de número de recipientes y/o casas con presencia positiva. Tal interés radica en que el estado pupal es la fase más inmediata al adulto, por lo que, su cuantificación nos aproximaría a la verdadera producción de mosquitos adultos.
- Índice maya: propuesto por Gómez Dantes y Méndez Galván (investigación inédita) como una variante de los índices larvales clásicos. Es una matriz de datos que contiene niveles graduales de contenedores controlables: pila de cemento, tambos, etc., que son considerados como indicadores del potencial de criaderos.

Además combina el número de casas con niveles graduales de contenedores desechables ó cacharros (latas vacías, llantas abandonadas, etc.), es decir, el grado de higiene domestica. Y que se utiliza finalmente para para caracterizar al barrio o colonia como una zona de alto, mediano ó bajo riesgo entomológico para la transmisión del dengue, con base en los niveles de higiene doméstica como elemento predictivo.

El potencial de este indicador es elevado para medir riesgo y tamaño de población vectorial (Fernández-Salas y Flores-Leal, 1995).

A pesar de lo anterior, los índices mencionados solo cuantifican disponibilidad de sustratos de oviposición a través de contenedores estables o temporales. Ninguno de ellos considera la importancia de la distribución espacial, tanto de las densidades de mosquitos en actividad como de los criaderos artificiales dentro de la zona en vigilancia.

INDICADOR	FÓRMULA
<b>Índice de Casas Positivas</b> <b>I.C.P.</b> El ICP estima que por cada 100 viviendas existentes en el universo de estudio, en un "X" número de viviendas se encuentra la presencia de larvas del vector.	$\frac{\text{Casas con criaderos positivos}}{\text{Casas exploradas}} \times 100$
<b>Índice de Recipientes Positivos</b> <b>I.R.P.</b> El IRP estima el número de recipientes positivos a larvas del vector por cada 100 recipientes con agua que puedan encontrarse en el universo de trabajo.	$\frac{\text{Recipientes positivos}}{\text{Recipientes con agua explorados}} \times 100$
<b>Índice de Breteau</b> <b>I.B.</b> El IB estima el número de recipientes positivos a larvas del vector que se encuentran por cada 100 viviendas existentes en el universo de trabajo.	$\frac{\text{Recipientes positivos}}{\text{Casas exploradas}} \times 100$
<b>Índice de Pupas</b> <b>I.P.</b>	$\frac{\text{Recipientes positivos a pupas}}{\text{Recipientes positivos a larvas}}$

**Fig. 12** Formulas de los índices de recipiente, casas, Breteau y pupas, utilizadas para indicar ó estimar la densidad de población de los estadios inmaduros del vector, de recipientes positivos encontrados. Fuente: SSA. 2006.

Con base en la ubicación de los casos registrados durante el año en curso y del inmediato anterior cuando menos y con los resultados obtenidos en las encuestas, además del acuerdo al grado de riesgo que se haya determinado con el índice de casas. Es posible diseñar la estrategia operativa a seguir ó en su caso dirigir el reforzamiento necesario (Fig. 13).

NIVEL DE CONTROL OPERATIVO	ÍNDICE DE CASAS POSITIVAS	ÍNDICE DE RECIPIENTES POSITIVOS	ÍNDICE DE BRETEAU	CÓDIGO DE COLORES
ÓPTIMO	< 1	> 0.5	< 4	VERDE
BUENO	1 - 4	0.5 – 1.9		AZUL
ALARMA	5 - 9	2 – 4	5 – 9	AMARRILLO
EMERGENCIA	10 o más	5 o más	10 o más	ROJO

**Fig. 13** Niveles de control operativo por indicadores entomológicos. Fuente: Thirion-Icaza 2010.

- b) *Muestreo de Adultos*: indica la diversidad de especies presentes y su densidad relativa. Es útil también para determinar si existe riesgo de transmisión entomológica. También si es necesario efectuar medidas de control, de que tipo, en donde y cuando. Además de evaluar el impacto obtenido (Nelson, 1986; OPS, 1995; CDC, 2006). La captura con cebo humano que consiste en coleccionar con un tubo aspirador aquellos mosquitos que se posen sobre el cuerpo de la persona. En donde si permite que lo pique antes de efectuar la captura obtendrá la tasa de picadura, y si los captura al momento de posarse obtendrá la tasa de aterrizaje. Si se capturan los mosquitos antes de posarse se obtiene la tasa de atracción (Nelson, 1986). La captura con cebo humano en el programa de dengue de México no debería estar indicada en ninguna situación y menos aún ante la sola sospecha o presencia de brote en evolución.

Los índices de captura se expresan como Índice de adultos por casa, que es el porcentaje de casas infestadas, el Índice de adultos por habitación es el porcentaje de habitaciones infestadas o el Índice Breteau para adultos que es el número de habitaciones infestadas por cada 100 casas, también se puede

procesar por el número de adultos capturados por cada 100 casas o cada 100 habitaciones, y el número de adultos por hora (Nelson, 1986).

El empleo de las aspiradora de espalda es otra opción para el monitoreo de los mosquitos adultos. Capturando los que están posados ó en pleno vuelo. Se requiere de dos personas para que en esta operación se auxilien ó releven. El rendimiento es de 15 a 20 casas por rutina, revisando de dos a tres cuartos por casa (OPS, 1995).

- c) Muestro de huevos mediante ovitrampas: método sensible y económico para detectar indirectamente la presencia de hembras de *Ae. aegypti*, con baja densidad de mosquitos ( $Breteau < 5$ ). Útiles en la detección temprana de nuevas infestaciones, registrándose el promedio de huevos por ovitrampa por día. Con base en el conocimiento de los criaderos originales que tenía la especie, que son contenedores naturales en donde se acumulaba agua, y donde el hombre ha provisto de una gran variedad y cantidad de sustitutos con condiciones muy similares, donde las hembras distribuyen sus huevos.

Las ovitrampas son envases oscuros con capacidad de 0.5 L de agua, que resulta visualmente atractiva para las hembras grávidas. Dos técnicos pueden controlar de 100 a 150 pares de ovitrampas. Recibiendo mantenimiento semanal. En donde se obtendrán tres datos: a) Porcentaje de viviendas positivas por huevos de *Ae. aegypti*, b) Promedio de huevos por ovitrampa positiva y c) Positividad de interiores y exteriores.

Una "ovitrampa CDC mejorada" es mucho más atractiva para las hembras que desovan y producen muchos más huevos de *Ae. aegypti* que la versión

estándar. En este método de ovitrampa doble, una jarra contiene una sustancia que atrae por su olor, preparada con una infusión "estandarizada" de heno de siete días de preparación, en tanto que la otra contiene una dilución de 10% de la misma infusión. A diferencia de la versión original, con la cual las tasas de positividad y el número de huevos rara vez son suficientemente altos, la ovitrampa mejorada ha demostrado ser conveniente para la vigilancia diaria, en lugar de semanal, de los cambios en las poblaciones de hembras adultas y ha sido exitosa para evaluar el impacto de la fumigación espacial adulticida en las hembras adultas. También, se han usado alternativas para mejorar el atractivo de las ovitrampas estándares (WHO, 2009).

Es recomendable intensificar la vigilancia entomológica y en caso de detectarse transmisión debe darse una respuesta inmediata o incrementar las medidas de control hasta reducir las poblaciones del vector a niveles en los que difícilmente se mantenga en transmisión (CDC, 1995). Es imposible evitar la migración sin control en ambos sentidos de regiones (endémicos y no endémicos), por lo menos se debe de informar a la población el riesgo que implica estos movimientos migratorios (OPS, 1995).

- d) Larvitrapas en secciones de llantas: Con el fin de observar la actividad de oviposición, se han usado diferentes diseños de larvitrapas. El más simple es una sección radial de una llanta llena de agua. Un prerequisite para cualquier tipo de larvitrapa en secciones de llantas es que facilite la inspección visual del agua *in situ* o que transfiera fácilmente los contenidos a

otro recipiente para que sean examinados. Las larvitrapas de llantas difieren funcionalmente de las ovitrampas en que las fluctuaciones del nivel de agua causadas por la lluvia induce la incubación de huevos, y más bien se cuentan las larvas y no los huevos depositados en las superficies interiores de la trampa. Se ha podido demostrar que la utilidad de las larvitrapas en secciones de llantas es una alternativa a la ovitrampa para la detección temprana de nuevas infestaciones y para la vigilancia de poblaciones de baja densidad de vectores (WHO, 2009).

#### **5.5.2. Control del mosquito *Aedes aegypti***

Desde el siglo XIX existen referencias de medidas de control de las formas acuáticas de los mosquitos empleando aceites, peces larvifagos y sus enemigos naturales (Christophers, 1960). El concepto de Control Integrado de Vectores es la estrategia más importante que debemos tener a la hora de decidir o ejecutar las acciones de control antivectorial, ante un artrópodo de interés médico. Es focalizada y oportuna, optimizando los recursos químicos, físicos y biológicos, dando un uso racional a los mismos. De todos los métodos de control de vectores disponible, el principal es el saneamiento ambiental, para la eliminación o la transformación física de las fuentes de criaderos (ya visto anteriormente). El control integrado se caracteriza por: efectividad, eficiencia, oportunidad, adecuado a la situación y ambiente, bajo impacto negativo al ambiente, posible desarrollo con participación comunitaria, racionalidad de planteo y ejecución (OPS, 1995).

Al seleccionar el método de control de vectores más apropiado, o la combinación de métodos, se debe tener en cuenta la ecología local y la conducta de las especies

seleccionadas, los recursos disponibles para la implementación, el contexto cultural en el que se llevan a cabo las intervenciones, la factibilidad de aplicarlas de manera oportuna y la adecuación de la cobertura. Los métodos para el control de vectores incluyen la eliminación o el manejo de hábitats larvarios, eliminando las larvas con insecticidas, el uso de agentes biológicos y la aplicación de adulticidas. Por lo que el uso de CIV de forma racional puede ser el camino más simple y exitoso hacia el control de un transmisor biológico y la enfermedad que el mismo vehiculiza (WHO, 2009).

5.5.2.1. Control Físico-Cultural: Una parte integral de cualquier programa de manejo de vectores es atender el saneamiento ó higiene. Que son aspectos importantes haciendo un ambiente menos atractivo para el mosquito. La eliminación de los criaderos, cacharros, llantas, ó empleos de insecticidas de uso doméstico pueden controlar parcialmente al vector. Hay evidencia de la falla en la práctica de reducción de la fuente, es decir, la renuencia de las amas de casa a desechar la mayoría de los contenedores potencialmente productores, lo que ha forzado a las autoridades de control de estos dípteros a buscar alternativas sostenibles para el manejo de este mosquito.

La reducción de la fuente, es llevada a cabo durante las inspecciones residenciales por personal ó por los residentes después de haberles dado la información a veces mediante panfletos. En el caso de las Instituciones Oficiales de Salud en el estado de Nuevo León, México; mantienen un Programa de Control de Dengue que incluye básicamente en aplicación de insecticidas en presentaciones comerciales de larvicidas y adulticidas (Gómez-Dantes, 1991). Existen dos alternativas para controlar *Ae. aegypti* en reservorios de aguas domésticas: 1) emplear una forma segura de almacenar agua y 2) utilizar agentes de control para matar estadios inmaduros

(insecticidas, control biológico, etc.). Pero cualquier método que se emplee, requerirá de la participación comunitaria y de mayor educación en salud pública.

Mazine *et al.*, (1996) estableció que en Marília, Brasil un proyecto piloto empleando un boletín comunitario resultó una excelente forma de promover la comunicación entre los miembros de la comunidad. Además de una fuerte retroalimentación de conocimiento por parte de la comunidad hacia el personal del proyecto.

En México, los Programas Permanentes de “Patio Limpio” y “Cuidado del Agua Almacenada”, además de las Campañas de “Descacharrización”. Son estrategias de Participación Comunitaria encaminada a identificar las características de la población, sus recursos comunitarios, circunstancias, sucesos y/o hábitos sociales, políticos y económicos. Que indican la proliferación de enfermedades transmitidas por vectores.

Fundamentada en el desarrollo de acciones de educación y capacitación social, dirigidas a favorecer e incorporar en los hábitos poblacionales, entre otras cosas, acciones en el domicilio y peri domicilio para prevenir y controlar el Dengue y otras enfermedades relacionadas al saneamiento básico de la vivienda.

Las acciones de **Patio Limpio** y **Cuidado del Agua Almacenada**, mismas que deben ser realizadas por la comunidad, por cada integrante de la familia debe ser de forma cotidiana a fin de mantener el patio (patio delantero y trasero, azotea, establo, el interior de la casa) con tres características (Fig. 14):

- 1) Ordenado: todos los recipientes estén acomodados, en un sitio bajo techo, o bien, volteados hacia abajo, de manera que no puedan almacenar agua.
- 2) Sin larvas de mosquitos







- 3) Desyerbado: patio libre de maleza, pero donde es posible la presencia de plantas de ornato, hortaliza y pasto.



**Fig. 14** Muestra de cartel diseñado para la campaña “anti-dengue”, realizado por iniciativa de la jurisdicción Sanitaria No. VII en Chiapas. A favor del Programa “Patio Limpio”. Con el slogan: “La Salud en casa manteniendo el patio limpio para prevenir el dengue”. En donde te indican las acciones principales de dicha acción. Fuente: [chiapas.salud.gob.mx](http://chiapas.salud.gob.mx)

Mientras que en el caso de **Cuidado del agua almacenada** las actividades permiten evitar las larvas de mosquitos en todos los recipientes de almacenamiento de agua para uso y consumo humano o para los animales domésticos: Lavar y cepillar cada semana, tapar o proteger, voltear, mantener bajo techo entre otras a todos los recipientes que sean utilizados para almacenar agua o para animales domésticos (Fig. 15).

Imagen	Actividades Específicas	Desarrollo
	Lava	Recomendar lavar todos los recipientes que almacenen agua por más de una semana: ¿Cómo lavarlos? No es suficiente colocar cloro y/o detergente. Es necesario <b>tallar</b> con escobeta, fibra y/o estropajo, incluyendo las paredes de los recipientes que aparentemente estén limpias: pilas, piletas, bebederos de animales, floreros, etc.
	Tapa	Recomendar tapar aquellos recipientes que por alguna razón deban de permanecer dentro del perímetro de la vivienda y que puedan almacenar agua ya sea de lluvia o al regar el patio y/o plantas. Tambos, tinacos, aljibes, cubetas, tinas, entre otros.
	Voltea	Los recipientes que por alguna razón no se puedan tapar, la recomendación inmediata es voltearlos para que no acumulen agua y de ser posible acomodarlos y ponerlos bajo techo. Ejemplo: cubetas, botellas, ollas, llantas, latas, etc.
	Tira	Recomienda tirar todos aquellos objetos a los cuales no se les va a dar utilidad y que puedan almacenar agua, tanto en patios como en azoteas : vasijas, neumáticos, envases plásticos o de aluminio, bolsas plásticas, corcholatas, latas, etc.

**Fig. 15** Desarrollo del Programa “**Cuidado del agua almacenada**” con actividades educativas, a través del cual se promuevan las 4 acciones básicas. Fuente: [http://cenedic.ucol.mx/noaldengue/dia\\_estatal\\_de\\_descacharrizacion.pdf](http://cenedic.ucol.mx/noaldengue/dia_estatal_de_descacharrizacion.pdf)

Por último pero no por eso menos importante: el **Programa de Descacharrización** es una acción complementaria sanitaria para combatir al mosquito *Ae. aegypti* transmisor del dengue, que da inicio antes de las temporadas de lluvia. Consiste en revisar todos los patios y techos de las viviendas y eliminar los criaderos potenciales (objetos y recipientes) del mosquito vector, capaz de acumular agua pluvial, y así disminuir e impedir su propagación. Mediante las acciones de recolección de cacharros y depósitos de agua en los que se pudieran reproducir las larvas del mosquito (Fig. 16).

Habitat larvario	Vaciar, limpiar y restregar semanalmente	Cubierta a prueba de mosquito	Almacenar bajo techo	Modificar diseño o reparar y limpiar	Usar bolsas de polietileno extendido	Llenar (con arena, tierra o concreto)	Recoger, reciclar y desechar	Perforar o drenar
Tanque de almacenamiento de agua o sistema		+		+	+			
Tambores (150-200 litros)	+	+		+				
Envase de flores llenos de agua	+					+		
Plantas en macetas con plato	+			+				
Canales del techo				+				
Recipiente de agua para animales	+							
Recipientes desechables de alimentos y bebidas							+	
Postes de cerca ahuecados				+		+		
Llantas usadas			+			+	+	
Grandes artefactos desechados							+	
Cubos desechados (<20 litros)			+				+	+
Cavidades en árboles						+		
Cavidades en las rocas						+		

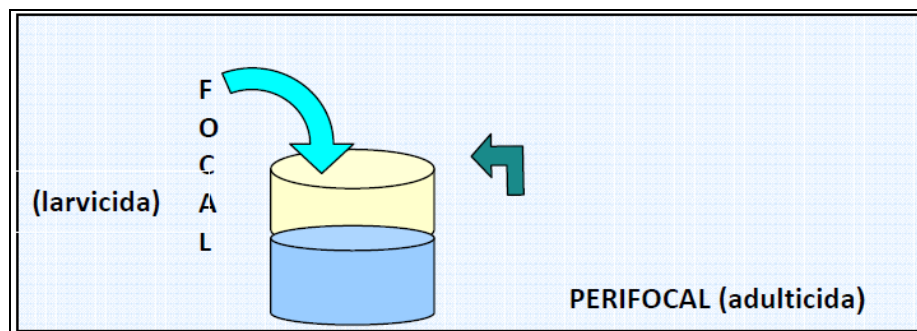
**Fig. 16** Principales acciones sugeridas para controlar las etapas inmaduras de *Aedes aegypti*. Fuente: OPS 2011.

5.5.2.2 Control Químico: Es una herramienta más, pero sus resultados además de antiecológicos, molestos y caros son efímeros si no se asocian a la eliminación de las formas larvarias acuáticas que permiten la reproducción rápida del vector.

Debe ser programado y aplicado por técnicos. Se pueden aplicar productos con acción larvicida o adulticida. Si llamamos foco a un recipiente con agua y larvas, se recomienda el tratamiento focal (con larvicidas) y perifocal (con adulticidas) constituido por los sitios de descanso de las hembras en ovipostura, superficies externas de los recipientes y paredes a su alrededor (Fig. 17).

Implica el uso de equipos manuales o eléctricos para fumigar los hábitats de larvas y las superficies periféricas con insecticidas, por ejemplo, en polvo para humectar o en concentrado para emulsionar. También se puede usar para tratar los recipientes, independientemente de si tienen agua o si están secos en el momento de la aplicación. Se rocían las paredes internas y externas de los recipientes hasta cubrirlas con una capa de insecticida, y la fumigación también se extiende hasta cubrir cualquier pared dentro de un radio de 60 cm cerca al recipiente. El método solamente es apropiado para recipientes de agua no potable (como los grandes amontonamientos de llantas o recipientes desechables de alimentos y bebidas). Este control puede ser utilizado para:

A) Estadio inmaduro del vector (larva) ó B) El mosquito adulto.



**Fig. 17** Aplicación de larvicidas y adulticidas en recipientes. Fuente: OPS 2011.

- A) Control larvario: A pesar de que los químicos se utilizan ampliamente para tratar los hábitats de larvas de *Ae. aegypti*, el uso de larvicidas debe considerarse un método complementario al manejo ambiental y –excepto en emergencias– debe restringirse a los recipientes que no se pueden eliminar ni manejar de otra forma. Puede resultar poco práctico aplicar larvicidas en sitios naturales de difícil acceso, como las axilas de las hojas y las oquedades de los árboles, o en pozos profundos.

- Una importante limitación para la aplicación de larvicidas en muchos contextos urbanos, es la dificultad del acceso a los hábitats de larvas de *Ae. aegypti* en el interior de las viviendas (por ejemplo, recipientes para almacenar agua, macetas y sus platos).
- Debido a que *Ae. aegypti* frecuentemente deposita los huevos en recipientes para almacenar agua, los larvicidas deben tener una baja toxicidad para otras especies y no deben cambiar significativamente el sabor, olor ni color del agua. *Las directrices de la OMS* proporcionan una guía sobre el uso de plaguicidas en agua potable, habiendo comprendido que el uso de químicos en aguas domésticas, especialmente en agua potable (WHO, 2006).
- En la fig. 18 se da una lista de larvicidas químicos que son apropiados para su aplicación en recipientes de agua no potable.
- Los fumigadores manuales de compresión son apropiados para la aplicación de insecticidas líquidos en hábitats larvarios más grandes. Se puede utilizar una jeringuilla o pipeta para el tratamiento de envases de flores.
- Las formulaciones en gránulo y otras sólidas se aplican directamente con la mano (protegida) en hábitats larvarios bien delimitados. Cuando se traten los recipientes de agua potable, se debe agregar suficiente insecticida según el volumen del recipiente, aun si el recipiente no está lleno de agua.

- El ciclo del tratamiento depende de la especie de mosquito, de la estacionalidad de la transmisión, los patrones de precipitación, la duración de la eficacia del larvicida y los tipos de hábitat larvario. Puede ser suficiente la aplicación oportuna de dos o tres rondas anuales con supervisión apropiada de la eficacia (período de transmisión corto). Al usar los insecticidas, siempre se deben seguir las instrucciones de la etiqueta.

Insecticida	Formulación <sup>b</sup>	Dosificación <sup>c</sup>	Clasificación OMS de la toxicidad de los ingredientes activos <sup>d</sup>
Organofosfatos			
Metil pirimifos	EC	1	III
Temefos	EC, GR	1	U
Reguladores de crecimiento de insectos			
Diffubenzuron	DT, GR, WP	0.02–0.25	U
rs-metopreno <sup>e</sup>	EC	1	U
Novaluron	EC	0.01–0.05	NA
Piriproxifen <sup>e</sup>	GR	0.01	U

<sup>a</sup> Las recomendaciones de la OMS sobre el uso de plaguicidas en la salud pública solo son válidas si están vinculadas a las especificaciones de la OMS para su control de calidad. Las especificaciones de la OMS para plaguicidas de salud pública están disponibles en <http://www.who.int/whopes/quality/en/>.

Al usar insecticidas, siempre se deben seguir las instrucciones en la etiqueta.

<sup>b</sup> DT = tableta para la aplicación directa; GR = gránulo; EC = concentrado emulsionable; WG = gránulo dispersable en agua; WP = polvo humectable; SC = suspensión concentrada.

<sup>c</sup> mg/L de ingrediente activo para el control de mosquitos que se reproducen en recipientes.

<sup>d</sup> Clase II = moderadamente tóxico; Clase III = ligeramente tóxico; Clase U = poco probable de representar una toxicidad aguda bajo uso normal; NA = no aplica.

<sup>e</sup> Se puede usar en dosis recomendadas en agua potable.

**Fig. 18** Compuestos y formulaciones recomendadas por la OMS para el control de las larvas de mosquito en los hábitats de recipientes<sup>a</sup>. Fuente: WHO 2009.

- B) Control Adulticida: tienen la finalidad de impactar las densidades del mosquito, así como la longevidad y otros parámetros de transmisión. Se aplican en forma de tratamientos residuales de superficie o como tratamientos espaciales. Los insecticidas apropiados se pueden aplicar con fumigadores de compresión operados manualmente. O con fumigadores accionados eléctricamente usados para el tratamiento

rápido de grandes acumulaciones de recipientes desechados (por ejemplo, vertederos de llantas).

La fumigación espacial sólo se recomienda en el control de situaciones de emergencia para detener una epidemia en proceso o para prevenir una epidemia en su primera fase o que se está iniciando (Fig. 19). Sin embargo, ha habido mucha controversia en relación con la eficacia de las aplicaciones de insecticidas aerosoles durante las epidemias de dengue ó fiebre amarilla. Se debe suponer que cualquier método que reduzca el número de mosquitos adultos infecciosos aún por corto tiempo, debe reducir la transmisión del virus por ese tiempo, aunque no está claro si el impacto es epidemiológicamente significativo a largo plazo. No hay ningún ejemplo bien documentado de la efectividad que tiene este método para interrumpir una epidemia.

	VENTAJAS	DESVENTAJAS
NIEBLA CALIENTE	La nube sale hacia arriba y tiende a caer: más impacto	Parte del ingrediente activo se pierde por la combustión
	Es muy visible por las personas: impacto psicológico positivo	El humo contamina el ambiente: quejas con grupos ecologistas
	La nube es dirigida al cielo y tiende a subir: impacta a insectos que vuelan al ras del suelo	Microgotas contiene menor ingrediente activo Peligro de incendios Equipo se calienta y puede quemar al operador
	Ideal para tratar terrenos deshabitados o extensiones mayores	Costo adicional: combustible para mezclar con insecticida Residualidad menor de 1 día
NIEBLA FRÍA	Ingrediente activo se conserva	No es visible por las personas
	No usa humo, menos contaminación	
	Mejor control de tamaño de gotas	
	Mayor cantidad de ingrediente vivo por microgota	
	Ideal para rociados rápidos intradomiciliarios	Requiere calibración de tamaño de gota
	Residualidad de 7 a 28 días	
	No usa humo: apto para áreas urbanas	
	La nube sale hacia arriba y tiende a caer: más impacto	

**Fig. 19** Principales ventajas y desventajas del tratamiento espacial (Niebla fría y caliente). Fuente: OPS 2011.

- Otra desventaja es la penetración de un insecticida dentro de las viviendas. Esta depende de la estructura del edificio, de si las puertas y las ventanas se han dejado abiertas durante la fumigación y, cuando se aplica con equipo montado, de la configuración del bloque residencial, de la ruta del vehículo de fumigación y de las condiciones meteorológicas. Por lo que cuando hay probabilidades de que la penetración de las gotas no sea suficiente, la aplicación dentro de los sitios con equipo portátil es más efectiva contra el *Ae. aegypti*. Sin embargo, las tasas de cobertura son mucho más bajas y el acceso puede ser difícil. Las poblaciones del vector se pueden suprimir en grandes áreas mediante el uso de fumigaciones espaciales desde aeronaves que vuelan bajo. La penetración en interiores de las gotas de insecticidas es nuevamente un factor decisivo para su eficacia. Para todas las operaciones de fumigación aérea, se debe obtener la aprobación de la autoridad de aviación civil.
- La Figura 20 muestra el listado de los insecticidas que son apropiados para la fumigación espacial, como aerosoles fríos o nieblas calientes. La selección del insecticida para la fumigación espacial en las viviendas y a su alrededor debe basarse en su impacto ambiental inmediato y la conformidad de la comunidad. Para la aplicación de nieblas calientes, sólo se deben utilizar productos insecticidas con altos puntos de inflamación. Las formulaciones de rociado espacial generalmente son a base de aceite, ya que el portador de aceite inhibe la evaporación de



pequeñas gotas de niebla. El combustible diesel ha sido usado como un portador para los agentes de niebla caliente, pero crea humo denso, tiene un fuerte olor y crea depósitos aceitosos que pueden provocar que la comunidad rechace su uso. También se encuentran disponibles las formulaciones a base de agua, algunas de las cuales contienen sustancias que evitan la rápida evaporación. Al usar los insecticidas, siempre se deben seguir las instrucciones en la etiqueta.

- Las fumigaciones espaciales se pueden aplicar como nieblas calientes en aplicaciones de 10 a 50 L/ha o como aplicaciones con equipo de ultra bajo volumen de insecticidas concentrados (grado técnico) o ligeramente diluidos en forma de un aerosol frío de gotitas de tamaño controlado (15 a 25  $\mu$ m) a una tasa de 0,5 a 2,0 L/ha. Las fumigaciones espaciales se deben aplicar cuando hay inversión meteorológica o cambios de temperatura, es decir, aire más frío más cerca de la tierra, lo que ocurre temprano en la mañana o en el atardecer cuando la temperatura del suelo comienza a disminuir. Las aplicaciones de fumigación espacial deben corresponder a la actividad de la especie objetivo. *Aedes aegypti* esta activo durante el día, con un pico de actividad de vuelo en la mañana y en la tarde. Por lo tanto, la fumigación exterior generalmente se debe llevar a cabo temprano en la mañana o al final de la tarde. Los tratamientos en interiores con generadores portátiles de niebla fría o caliente, son especialmente efectivos, debido a que su conducta de reposo se da principalmente en interiores.

- Cuando no se tiene acceso a vehículos, los tratamientos en interiores son la única opción. Para la aplicación con equipo en vehículo en áreas con carreteras angostas y casas cerca del borde de la carretera, la fumigación se debe dirigir desde la parte posterior del vehículo (WHO, 2003).
- Las aplicaciones de niebla fría desde grandes aeronaves de ala fija se realizan, aproximadamente, a 240 km/h y 60 m por encima del suelo, con espacios de 180 m entre hileras. Las aeronaves más pequeñas, de ala fija, vuelan a menor velocidad y, generalmente, a menor altitud (aproximadamente, 160 km/h y 30 m por encima del suelo, con espaciado de hileras de 50 a 100 m). En emergencias, la aeronave de fumigación agrícola se puede usar siempre y cuando esté equipada con atomizadores rotativos u otras boquillas apropiadas y calibradas de acuerdo con el insecticida, su formulación y la tasa de aplicación deseada. Cuando es esencial una rápida reducción de la densidad del vector, como ocurre en el caso de emergencias, lo ideal es que el tratamiento espacial se lleve a cabo cada 2 a 3 días durante 10 días. Las aplicaciones adicionales se deben, entonces, realizar una o dos veces por semana para mantener la supresión de la población del vector adulto. Sin embargo, se debe realizar una vigilancia entomológica y epidemiológica continua para definir el programa de aplicación apropiado y la efectividad de la estrategia de control.

Insecticida	Químico	Dosificación de ingrediente activo (g/ha)		Clasificación de la OMS de toxicidad de los ingredientes activos <sup>c</sup>
		Aerosoles fríos	Nieblas calientes <sup>b</sup>	
Fenitrothion	Organofosforado	250-300	250-300	II
Malation	Organofosforado	112-600	500-600	III
Metil Pirimifos	Organofosforado	230-330	180-200	III
Bioresmetrin	Piretroide	5	10	U
Ciflutrina	Piretroide	1-2	1-2	II
Cipermetrina	Piretroide	1-3	-	II
Cifenotrina	Piretroide	2-5	5-10	II
d, d-trans-Cifenotrina	Piretroide	1-2	2,5-5	NA
Deltametrina	Piretroide	0,5-1,0	0,5- 1,0	II
D-Fenotrina	Piretroide	5-20	-	U
Etofenprox	Piretroide	10-20	10-20	U
λ-Cihalotrina	Piretroide	1,0	1,0	II
Permetrina	Piretroide	5	10	II
Resmetrina	Piretroide	2-4	4	III

<sup>a</sup> Adaptado de: Pesticides and their application for the control of vectors and pests of public health importance (6).  
Al utilizar insecticidas, siempre se deben seguir las instrucciones de la etiqueta.

<sup>b</sup> La fortaleza de la formulación terminada cuando se aplica depende del rendimiento del equipo de rociado usado.

<sup>c</sup> Clase II = moderadamente tóxico; clase III = ligeramente tóxico; clase U = poco probable de representar una toxicidad aguda bajo uso normal;  
NA = no aplica.

**Fig. 20** Insecticidas seleccionados para la aplicación de aerosoles fríos y niebla caliente contra mosquitos <sup>a</sup>. Fuente: WHO 2009

5.5.2.3 Control biológico: se basa en introducir organismos que depredan, parasitan, compiten o de otra forma reducen las poblaciones de las especies objetivo. Sólo ciertas especies de peces larvívoros, copépodos depredadores (*Copepoda Cyclopoidea*) –pequeños crustáceos de agua dulce– y bacterias, han demostrado ser efectivas contra los vectores *Aedinos*.

Aunque el control biológico evita la contaminación química del ambiente, pueden existir limitaciones operativas, como el costo y la tarea de criar los organismos a gran escala. Sólo son efectivos contra las etapas inmaduras de los mosquitos vectores en el hábitat larvario donde se introducen. Y que los organismos no son resistentes a la desecación, es decir, la utilidad está restringido, como los grandes recipientes de concreto o arcilla "vidriada" para almacenar agua o los pozos. Es esencial que las

comunidades locales estén dispuestas a aceptar la introducción de organismos en recipientes de agua.

En muchos países se han utilizado diversos peces para eliminar mosquitos en contenedores grandes usados como: pozos abiertos de agua dulce, acequias de concreto y tanques industriales. La especie vivípara *Poecilia reticulata* se adapta bien a cuerpos de agua no corriente y se ha utilizado con mayor frecuencia. Sólo se deben usar peces larvívoros nativos (WHO, 2003).

Varias especies de copépodos depredadores también han demostrado ser efectivas contra los vectores del dengue en situaciones operativas. Sin embargo, aunque las poblaciones de copépodos pueden sobrevivir por períodos prolongados, al igual que los peces, puede ser necesario introducirlas para su control sostenido. Solo en Vietnam del norte ha evitado la transmisión del dengue durante varios años.

Bti (*Bacillus thuringiensis* var. *israeliensis*) es una bacteria larvicida. Actúa sobre las larvas mediante la endotoxina delta que es sumamente tóxica para las larvas de mosquitos pero de muy baja toxicidad para mamíferos, aves y peces (DL 50 más de 4000mg/kg) Debe aplicarse en las primeras horas de la mañana porque con el sol se inactiva rápidamente (Fig. 21). Viene en forma líquida (efecto residual 1 semana) o en pastillas de lenta liberación (E.R. 2 meses) Chiú *et al.* 2003; Reyes *et al.* 2003).

Biopesticidas			
<i>Bacillus thuringiensis israelensis</i> <sup>e</sup>	WG	1-5 mg/l	U
Spinosad	DT, GR, SC	0.1-0.5	U

<sup>e</sup> Se puede usar en dosis recomendadas en agua potable.

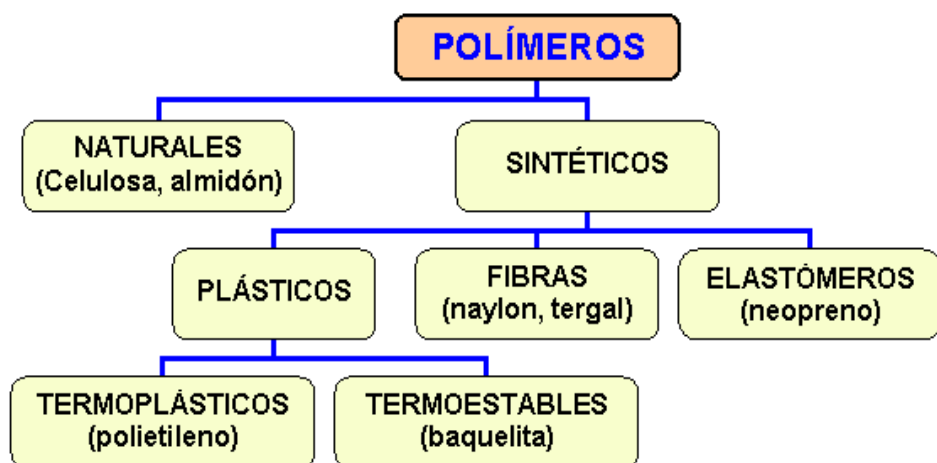
**Fig. 21** Compuestos y formulaciones biológicas recomendadas por la OMS para el control de larvas en sitios de cría. Fuente: WHO 2009.

## 6. MATERIALES Y METODOS

### 6.1 Materiales plásticos y sus propiedades.

Polímeros o macromoléculas son moléculas muy grandes, con una masa molecular que puede alcanzar millones de umas que se obtienen por la repeticiones de una o más unidades simples llamadas “monómeros” unidas entre sí mediante enlaces covalentes.

Forman largas cadenas que se unen entre sí por fuerzas de van der waals, puentes de hidrógeno o interacciones hidrofóbicas (Billmeyer Jr. 1969). Se pueden clasificar según diversos criterios (Fig. 22):



**Fig 22.** Clasificación general de los polímeros.

### **6.1.1 VINIL (VIN)**

Polímero termoplástico, transparente e incoloro. Tiene una aroma suave frutal, pero su olor puede ser fuerte e irritable para ciertas personas. Resistente al agua, altas temperaturas y solventes químicos. Gana una gran cantidad de calor evitando que absorba agua. Puede entrar al suelo, al aire y al agua, en donde se degrada. (Design Institute for Physical Properties 2003).

### **6.1.2 POLIETILENO DE ALTA Y BAJA DENSIDAD (HDPE y LDPE)**

Son polímeros de excelente resistencia térmica, química y al impacto, translucidos y flexibles; insolubles en agua, solo absorbe esta en un grado muy limitado aumentando con la temperatura y una alta permeabilidad al oxígeno y vapores orgánicos, en ambos se ha observado un incremento en su temperatura en condiciones irregulares. No son especialmente sensibles a la humedad, poseen una estructura parecida a la parafina que la hace estable e inerte. Recientemente, han adquirido mayor importancia los usos que se basan en su inercia y su resistencia al agua. Se estima que circula alrededor de 500 billones de toneladas anuales (Plastics Pipe Institute 1993).

### **6.1.3 CELOFAN (CLF)**

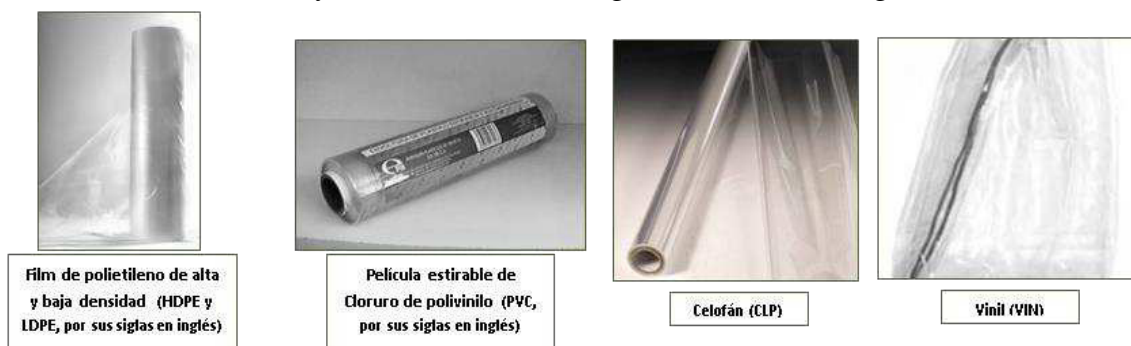
Es un polímero natural derivado de la celulosa. Es un material delgado, fino, transparente, flexible y resistente a esfuerzos de tracción, pero muy fácil de cortar. Pero tienen la transparencia y el brillo de un plástico. Resistente al calor y a algunos químicos, antiestático, maleable, de baja permeabilidad (controlada) en el aire y no adhiere la grasa y las bacterias lo vuelve un excelente material de envoltura (dulces tradicionales, caramelos, alimentos etc.), biodegradable y comorable a un recurso renovable (Tibbets 1931).

### **6.1.4 POLICLORURO DE VINILO (PVC)**

Es moderno, importante y conocido miembro de la familia de los polímeros termoplásticos. Utilizados por el hombre para su desarrollo y confort. De amplia versatilidad en la construcción, energía, salud, preservación de alimentos y artículos de uso diario. Este polímero es inodoro, insípido e inodoro, además de ser resistente a la mayoría de los disolventes químicos. Es ligero y no flamable, por lo que es clasificado como material no propagador de llama. No es degradable, ni se disuelve en agua y es completamente reciclable. Es estable e inerte y se usa extensamente donde la higiene es una prioridad. Estudios realizados señalan que la producción de este material se realiza sin riesgos al para el medio ambiente y que el desarrollo de esta tecnología y sus

aplicaciones no ha tenido pausa con una producción de 25 millones de toneladas anuales (Mingwang et al. 2004).

La selección de estos cinco materiales, en sí fue de forma aleatoria, en la actualidad no hay investigaciones que hayan pensado en la posibilidad de que materiales de uso común, pudieran mostrar propiedades beneficiosas para control del huevecillo del mosquito *Ae. aegypti*, como lo sería una propiedad de bloqueo contra la sustancia adhesiva colocada entre el huevecillo y el criaderos (artificial o natural) para la conservación del huevo y el desarrollo de los siguientes estadios (Fig. 23).



**Fig.23** Materiales utilizados en los ensayos con el fin de determinar el Potencial de Efectividad Antiadherente, sobre la “sustancia pegajosa” segregada por la glándula femeninas sobre el huevo de *Aedes aegypti* bloqueando el “pegado” al criadero artificial.

## 6.2 Ensayos con poblaciones de mosquitos *Aedes aegypti*

Se utilizara los huevecillos de una cepa de *Ae. aegypti* colectada en campo en el en el área metropolitana de Monterrey, ya establecida en el insectario, para uso continuo en los ensayos en laboratorio. La fase larval se desarrolla en un medio acuático. Del huevo eclosionado emerge una larva de primer estadio, cuyo tamaño es de 1 mm al inicio y al final, de 7mm, la cual pasa por tres estadios más (I, II, III y IV).



Es importante que se tenga en cuenta el espacio vital, de acuerdo al tamaño de las bandejas. Las bandejas utilizadas fueron de 25x 25 cm<sup>2</sup> para 500 – 700 larvas con 2 litros de agua. Las larvas fueron alimentados con comida para peces (marca comercial de un acuario local) (Gadelha y Toda 1985).

Para la emergencia los mosquitos adultos, se colocara dentro de las jaulas a utilizar los recipientes que contenga las pupas, se cubrirán con un cono de 16 cm. de diámetro por 19 cm de largo, elaborado de cartón y perforado con un orificio de una pulgada de diámetro en su ápice, esto permitirá que los adultos salgan fuera del cono una vez que emerjan, y no puedan volver a el recipiente, evitando así que los mosquitos se ahoguen u ovipongan en el recipiente para la pupas.

La alimentación con sangre es necesaria para la producción de huevos que fueron empleados después. Primero se les privo a los mosquitos hembra la ingesta de la solución de glucosa al 10% por 24 horas. Para la alimentación del mosquito, se utilizaron: ratas egipcias.

El animal se mantuvo 15 minutos, en la jaula entomológica para que se efectuara la hematofagia. Para asegurar la alimentación de las hembras de *Aedes aegypti* se realizo este acto cada 24 horas. Después de que emergan los adultos, y antes de alimentar a las hembras, deberá garantizarse el contacto entre hembras y machos, para lograr cada ciclo gonotrófico, al menos por un periodo de 48 horas, para que se efectúe la copulación y la posterior fecundación.

Para recoger la puesta de las hembras, se utilizará un papel filtro Whatman No. 4 (o de cualquier de papel con textura rugosa) de 4-5 cm de diámetro aproximadamente, y

se colocará en el interior del recipiente, se le añadirá agua declorada, lo más limpia posible, hasta una altura en el papel, por encima de los 2.5 cm.

Naksathit y Scout (1998) señalan que, como fuente de energía y parte de la alimentación, se pueden usar soluciones azucaradas al 10 %, las cuales pueden contener glucosa ó sacarosa (Fig. 24).

Gadelha y Toda (1985) plantean que el ciclo larval dura de 5-7 días para esta especie, en dependencia de las condiciones del medio (temperatura, alimento, espacio vital). Para la cría de mosquitos adultos, se utilizaron jaulas entomologicas con medidas de 30 x 30 x 30 cm., para una población de aproximadamente 500 ejemplares (Consoli y De Oliveira, 1994; Naksathit y Scout, 1998). Consoli y De Oliveira 1994, plantean que mayores densidades provocan mortalidad y menores, una fertilización inadecuada de las hembra.



**Fig. 24** Diagrama de flujo de la crianza del mosquito *Aedes aegyti* para los ensayos de las películas plásticas.

### 6.3 Bloqueo de la adhesión del huevo.

Diez hembras grávidas *Ae. aegypti* fueron puestos en libertad en un grupo de cinco en jaulas de 30 × 30 × 30 cm, de 3-4 días. Se colocaron cinco contenedores, con capacidad para 100 mL para la oviposición, por jaula; fueron llenados con 85 ml de agua sin cloro, así como un forro de plástico encima de 6 x 15 cm alrededor de la pared interior del contenedor (Fig. 25).

Los materiales antes descritos de plástico fueron probados individualmente en cinco jaulas similares y el mismo número de hembras grávidas de mosquitos por cada grupo, es decir, VIN, HDPE, LDPE, CLP, y el PVC. Otras cinco jaulas se usaron para realizar el control.

Las jaulas fueron protegidas de la luz y se mantuvieron bajo una temperatura en el insectario de 28 ° C. Después de la resolución de este procedimiento de puesta de huevos comenzó de inmediato. En todos los casos la oviposición fue permitida durante las 24 horas, incluyendo el control. Ensayos similares con 5 repeticiones por jaulas de los materiales plásticos se llevaron a cabo cuatro veces en los próximos meses de febrero a junio de 2010 al año.

El número de repeticiones individuales por ensayo de cada materiales plásticos fue un total 125 incluyendo el control (realizado con papel filtro). En un estudio preliminar, Alvarado-Moreno et al. (2011) notó un cambio en el patrón de oviposición de las hembras de *Ae. aegypti* después de colocar las películas plásticas como sustrato para el huevo.

Los lotes de huevos que fueron colocados, se encontraron pegados, aunque la mayoría de ellos se mantuvo flotante, y pocos estaban hundidos. Todo esto en el interior

del contenedor de oviposición en las jaulas, en el insectario. Considerando estos últimos resultados preliminares, el conteo de huevos se registró en tres categorías: los pegados al revestimiento de plástico, flotando sobre la superficie del agua del contenedor, y hundidos en el fondo del agua. El conteo se realizó directamente en el contenedor con un aumento 30x en un microscopio estereoscopio marca Zeiss, modelo Stemi DV4. Teniendo en consideración la protección de los embriones por daños, o mortalidad, por medio de una cuidadosa manipulación y exposición a la luz corta.



**Fig. 25** Método utilizado para determinar la habilidad de los materiales plásticos evaluados en el bloqueo de la sustancia pegajosa en el laboratorio.

#### 6.4 Comportamiento anormal de oviposición

Durante los ensayos se mostro un extraño patrón de oviposición donde los huevos ovipositados por la hembra grávida. Fueron colocados en tres sitios dentro del recipiente de oviposición: pegados (al plástico probado), en la superficie del agua (flotando) ó hundidos.

Se utilizó una cámara marca SONY, modelo Handycam Vision (Hi8). Con un zoom digital de 560x, un optical de 20x, y con visión “nightshot” (visión nocturna), para mayor facilidad, ya que la hembra deposita sus huevos más comúnmente en ausencia de luz. Se realizo un monitoreo continuo de 6 horas (Fig. 26).

Se video grabaron los movimientos de cinco hembras grávidas que fueron colocadas en una jaula entomológica de 30 × 30 × 30 cm. Se colocaron cinco



**Fig. 26** Videocámara utilizada para los ensayos de monitoreo del comportamiento de oviposición.

recipientes con el plástico evaluado. Se evaluaron 3 plásticos de forma individual. Solo se realizo un control para los tres materiales plásticos: VIN, HDPE

y CLP. No se realizaron repeticiones por jaula, solo los cinco recipientes de la jaula individual.

#### 6.5 Evaluación de la tasa de eclosión: efecto ovicida.

Para determinar el potencial efecto inhibidor de cada una de los cinco de plástico probados. Los huevos pegados, flotando y hundidos fueron incubados y sometidos a eclosionar. Los huevos de *Ae. aegypti* pegados, flotando y hundidos fueron "secados" por

separado en un período de 48 horas con el fin de promover una embrionación óptima (Clements 1996). Después de este tiempo, los huevos fueron colocados en vasos de poliestireno con capacidad para 500 ml y se llenó de agua sin cloro. Un período de 3 días fue establecido para registrar eclosión de los huevos, con el conteo diario de las larvas vivas. En todo este proceso la temperatura y la humedad relativa fueron  $26^{\circ}\text{C}$  y 70%, respectivamente (Fig. 27).



**Fig. 27** Método usado para determinar el porcentaje de supervivencia ó éxito de eclosión de los huevos de *Aedes aegypti*: pegados, flotando y hundidos; expuestos a las películas plásticas evaluadas con condiciones de insectario.

## 6.6 Análisis de datos

Para determinar la eficacia bloqueo de la adhesión de huevo de cada uno de los cinco plásticos probados se agruparon los datos de los 5 ensayos ( $n = 125$ ). Medias aritméticas y las desviaciones estándar se calcularon para cada categoría de huevo, por ejemplo, pegados, flotando y sumergidos en función del material plástico a prueba. Asimismo, el porcentaje de categoría de los huevos se calculó también. El análisis de

varianza (ANOVA) y la *t*-student pareada, se utilizaron para comparar las medias de los plásticos y las categorías de huevos. Los datos crudos se transforman ( $1 + \log 10$ ) antes de ejecutar el análisis estadístico (Zar, 1999). Del mismo modo significa que las comparaciones se calcularon para efecto de inhibición de huevos para incubar de material plástico probado ayudado con el programa SPSS (Statistical Package for Social Sciences 17.0 Chicago, Ill).

## 7. RESULTADOS

### 7.1 Bloqueo de la adhesión de huevo por plásticos.

Un cambio en la colocación de huevos se registró en todos los plásticos a prueba (pegados al material plástico, flotando ó hundidos). En donde sólo el 27.0% de los huevos se pegan en los materiales plásticos probados en los recipientes de oviposición utilizados, el 70.0% se encontraron flotando en la superficie del agua, con 45, 649 huevo puestos, y 3.0% de los huevos estaban hundidos. En donde la cantidad de huevos flotando fue superior en comparación con los huevos pegados (17, 627 huevos) ó hundidos (1,947 huevos) (Tabla 1).

Los huevos se observaron bajo estereoscopio bajo un aumento de 30x. Mostrándonos huevos completamente deshidratados, hinchados, melanización del corion incompleta y cristalización del ácido hialurónico ó almohadilla corionica (Img. 1). Aunque de forma generalizada; tanto en los huevos pegados, flotando ó hundidos en todos los plásticos ensayados, es decir, no se encontró un patrón.

El análisis estadístico del número de huevos colocados en los recipientes de oviposición para las pruebas; en lo que respecta a los huevos pegados en los materiales plásticos, demostró que VIN tuvo más éxito bloqueando la adherencia del huevo, con

una media de 7.1 y una desviación estándar de  $\pm 10.1$ , mientras que el plástico menos eficiente fue el polietileno de alta densidad (HDPE) con una media de 73.4 y  $\pm 34.1$  de desviación estándar (Tabla 2).

El material VIN bloquea con éxito casi el 96% de los huevos puestos en comparación con el control.

La prueba de ANOVA mostró diferencias altamente significativas de los huecos pegados de cada uno de los cinco filmes plásticos. Y que apoya que el VIN evita con más éxito la postura de los huevos de *Ae. aegypti* en el interior del criadero artificial ( $F = 169.5$   $df = 624$   $p < 0.01$ ).

En cuanto a los materiales que obtuvieron un menor bloqueo en la ovipositura, que fueron registrados son el PVC ( $21.2 \pm 20.1$ ) y en el LDPE ( $18.7 \pm 15.9$ ). Mientras que la cantidad comparada de medias de huevos puestos usando la prueba *t*-student observaron una similaridad en LDPE-CLP y CLP-PVC ( $t = -0.838$   $df = 124$   $P = 0.404$ ; and  $t = -0.127$   $df = 124$   $P = 0.899$ , respectivamente).

Como se esperaba, la mayoría de los huevos flotantes que se han contabilizado en VIN ( $159.4 \pm 12.5$ ), mientras que LDPE mostró el segundo valor más alto con una media de 142.7 y una desviación estándar de  $\pm 10.1$ .

El PVC obtuvo la menos cantidad de huevos flotando con una media  $11.0 \pm 12.8$ .

Aunque la prueba de *t*-student pareada de comparación no mostraron diferencias estadísticas entre VIN-LDPE ( $t = 1.202$   $gl = 124$   $p = 0.232$ ).

La menor cantidad de huevos hundidos, en las pruebas realizadas, fueron calculados en el los materiales de HDPE ( $1.0 \pm 2.4$ ), el LDPL ( $2.5 \pm 4.9$ ), y también en el VIN ( $5.0 \pm 11.2$ ), respectivamente.



Mientras que en el material PVC su media se elevó hasta  $7.1 \pm 11.2$ , siendo en este tipo de material. Encontrado la mayor cantidad de huevos en el fondo del recipiente, en todas los ensayos realizados.

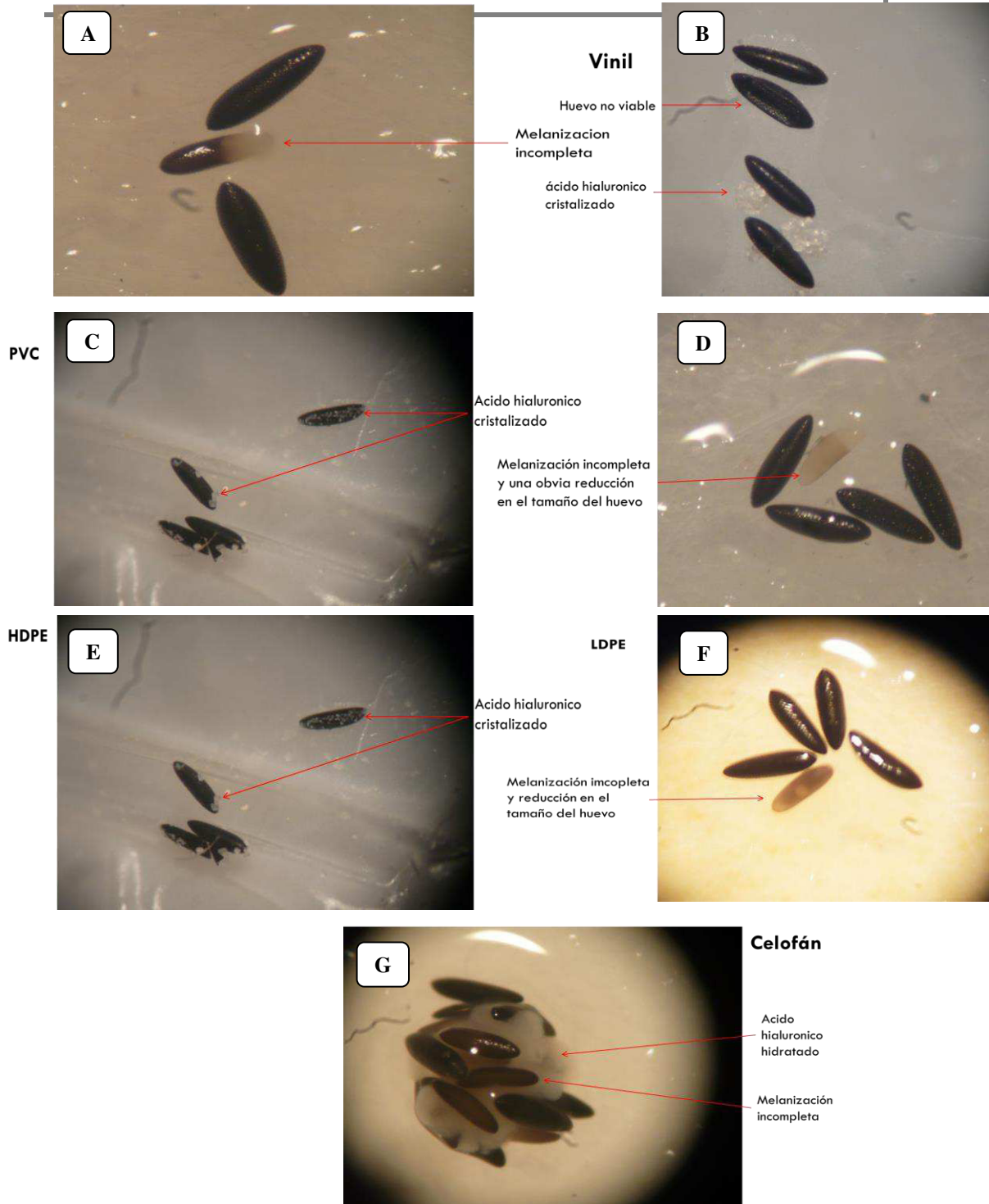
La media de los huevos hundidos en cada uno de los cinco materiales plásticos fueron estadísticamente diferentes ( $F = 14.1$  gl = 624  $p < 0.01$ ).

Aunque la comparación de pares usando la *t*-student se puede observar que la combinación de los materiales VYN-LDPE, VYN-CLP, VYN-PVC, LDPE-HDPE ay LDPE-CLP ( $t = 2.252$  df = 124  $P = 0.026$ ;  $t = 1.430$  df = 124  $P = 0.155$ ;  $t = -1.576$  df = 124  $P = 0.118$ ;  $t = 2.943$  df = 124  $P = 0.004$ ;  $t = -1.614$  df = 124  $P = 0.109$ , respectivamente), son capaces de hundir una cantidad de huevos similar. La media del control positivo fue  $170.7 \pm 68.6$  (Tabla 2).

**Tabla 1.** Porcentaje de huevos de *Ae. aegypti* asignados en tres categorías: pegados, flotando y sumergidos después de ser expuestos a cinco diferentes películas plásticas, bajo condiciones de insectario.

Película Plástica	N	Pegados		Flotando		Sumergidos	
		Total huevos ovipuestos	%	Total huevos ovipuestos		Total huevos ovipuestos	%
VIN	125	881	4.1	19,922	93.0	629	2.9
HDPE	125	9,172	75.6	2,837	23.4	127	1.0
LDPE	125	2,328	11.4	17,842	87.1	306	1.5
CLP	125	2,596	38.8	3,671	54.8	431	6.4
PVC	125	2,640	53.8	1,377	28.1	885	18.1
Total	125	17,617	27.0	45,649	70.0	1,947	3.0

VIN = Vinil, HDPE = Polietileno de alta densidad, LDPE = P. de baja densidad, CLP = Celofan, PVC = Policloruro de vinil



**Imagen 1.** Fotografías tomadas por el estereoscopio a 30x, de los huevos encontrados en los ensayos en: Vinil: A) flotando y B) material, PVC: C) material y D) flotando, HDPE: E) material, LDPE: F) hundido y Celofán: G) hundido.

**Tabla 2.** Medias ( $\pm$ DE) de los huevo de *Ae. aegypti* establecidos en los recipientes de oviposición que se alinearon con cinco diferentes películas plásticas, después de un periodo de 24 h., bajo condiciones de insectario. Las muestras de plástico se colocaron como sustrato de oviposición obligando a la hembra grávida a oviponer, y en donde fueron alineadas tres categorías de posición: pegados, flotando, y sumergidos.

Película plástica	Pegado	Flotando	Sumergido
VIN	7.1 $\pm$ 10.1	159.4 $\pm$ 124.5	5.0 $\pm$ 11.2
HDPE	73.4 $\pm$ 34.1	22.7 $\pm$ 14.5	1.0 $\pm$ 2.4
LDPE	18.6 $\pm$ 15.9	142.7 $\pm$ 101.7	2.4 $\pm$ 4.9
CLP	20.8 $\pm$ 23.6	29.4 $\pm$ 31.1	3.4 $\pm$ 4.7
PVC	21.1 $\pm$ 20.1	11.0 $\pm$ 12.8	7.1 $\pm$ 8.2
Control	170.7 $\pm$ 68.6	-	-

VIN = Vinil, HDPE = Polietileno de alta densidad, LDPE = P. de baja densidad, CLP = Celofan, PVC = Policloruro de vinilo.

## 7.2 Monitoreo con equipo de grabación.

Se observo como la hembra de *Ae. aegypti* “prueba” el interior del criadero en donde se encuentra colocado el material plástico, posteriormente con las patas traseras extendidas, los segmentos abdominales de la hembra, se inclinan hacia delante y hacia abajo hasta que el último segmento toca la línea húmeda del criadero.

Esto lo hizo en repetidas ocasiones, fuero de 14 a 22 veces aproximadamente de forma continua. Dejando una sinuosa cantidad de huevos en la película plástica. Al no encontrar sostén y seguridad en los material platico (VIN, HDPE y CLP), la hembra opta por deslizarse y así llegar al agua del recipiente de oviposición. La hembra “patina” sobre el agua, hasta situarse en el centro del recipiente. La oviposición en la superficie del agua inicia, con movimientos que imitan la oviposición conocida, baja y sube los segmentos abdominales, con pausas de 35-40 seg., donde coloca huevos a razón de tres por minuto, descansando después de cada sexto u octavo huevo durante 30-40 seg. para

posteriormente reanudar el proceso, oviponiendo un total de 45-60 huevos por hembra.

No se observó algún comportamiento diferente entre las películas plásticas.



**Paso 1.** Se posa en el sustrato



**Paso 2.** Bajar al nivel del agua, con las patas extendidas.



**Paso 3.** La hembra comienza su recorrido hacia el agua, lejos de la película plástica.



**Paso 4.** Empieza a posar sus patas en el agua, como si estuviera “patinando”.



**Paso 5.** En medio del recipiente, inicia con el proceso oviposición anteriormente interrumpido.



**Paso 6.** Inicia la oviposición en la superficie del agua.

**Imagen 2.** Comportamiento inusual de la hembra *Ae. aegypti*, en la colocación de los huevos en la superficie del agua, en contacto con tres diferentes películas plásticas: VIN, HDPE y CLP.

### 7.3 Tasa de eclosión de los huevos: efecto ovicida.

Se ha demostrado el fracaso para incubar los huevos ó la inhibición del proceso de ovogénesis en los embriones de los huevos puesto por las hembras *Ae. aegypti*, en las pruebas en donde se evaluaron cinco películas ó materiales de plástico, con características ó propiedades físico-químicas que bloquean la postura en los criaderos artificiales de las zonas urbanas.

Siendo VIN el más exitoso evitando incubar huevos pegados con una media de  $1.0 \pm 2.5$ . Mientras que el HDPE tiene el menor efecto de detener la eclosión con una media de  $33.8 \pm 27.4$ , igualmente en los huevos pegados a la película plástica (Tabla 2).

Los últimos resultados calculados de 17.7% y 11.4% de las larvas supervivientes del primer instar larvario, en comparación con el 98.0% en el grupo de control, igualmente solo para las medias ya mencionadas.

Las comparaciones de medias pareadas mediante una prueba t-student mostró al Vinil (VIN) y al polietileno de baja densidad (HDPE) que fueron capaces de tramar una cantidad similar de huevos adheridos ( $t = -3.490$  gl = 124  $p = 0.01$ ).

Y sin embargo, la media de la película plástica número de cinco fueron estadísticamente diferentes ( $F = 106.6$  df = 624  $p < 0.01$ ).

En cuanto a la incubación de los huevos flotando, los cálculos demostraron una mayor inhibición de la viabilidad de los huevos de *Ae. aegypti* en la película plástica de PVC con una media de  $4.2 \pm 7.8$  de división estándar; contrariamente al celofán (CLP) en donde se observó un incremento en la eclosión con una media de  $10.9 \pm 15.6$  (Tabla 2).

Aún y cuando las medias reportadas son bajas, éstas resultan en una alta mortalidad de larvas de primer instar, es decir, en un 43.9% y 42.4%, respectivamente.

Considerando que el VIN tenía un efecto ovicida prometedor, con una media de  $7.4 \pm 9.3$  y mostrando un 5.3% de la sobrevivencia de las larvas (Tabla 3).

El número de medias de los huevos flotantes, ovipositados por *Ae. aegypti*, en cada una de las cinco películas de plástico fueron estadísticamente diferentes ( $F = 6.8$  gl = 624 p <0.01).

Los resultados del fracaso en la eclosión del huevo en los huevos hundidos, mostró al plástico VIN y al polietileno de alta densidad tiene las medias más bajos,  $0.1 \pm 0.5$  y  $0.02 \pm 0.9$ , respectivamente (Tabla 2).

Esto corresponde al 2.2% y el 1.6% de supervivencia de las larvas de primer instar en los dos plásticos. Estadísticamente ( $F = 30.6$  gl = 624 p <0.01) fueron diferentes el numero de huevos hundidos incubados para las cinco películas plásticas.

Los huevos hundidos incubados pareados en una comparación de medias de usando una prueba de t- student, mostró tres pares de materiales plásticos VIN-LDPE, CLP-VIN y LDPE CLP-fueron que fueron capaces de incubar una cantidad similar de huevos hundidos ( $t = -1.064$  df = 124 p = 0.289  $t = -0.495$  df = 124 P = 0.621 y  $t = 0.366$  df = 124 P = 0,715, respectivamente).

Para finalizar, el análisis del número combinado de huevos incubado (pegado, flotante y sumergida) por los distintos materiales plásticos demostrado que VIN tiene la media más baja,  $8.6 \pm 9.0$  mientras que la más alta le pertenece al polietileno de alta densidad, es decir,  $41.5 \pm 30.1$ .

La media de los huevos incubados agrupados en cada uno de los cinco materiales plásticos fueron estadísticamente diferentes ( $F = 52.2$  gl = 624 p <0.01).

**Tabla 3.** Medias y porcentaje (%) de supervivencia para las larvas de 1<sup>er</sup> instar de *Ae. aegypti* calculado a partir de la tasa de eclosión después de la exposición de diferentes películas plásticas de uso común, como sustrato de oviposición en condiciones de insectario.

Película plástica	Huevos puestos		Pegados		Flotando		Sumergidos	
	Media	% vivos	Media	% vivos	Media	% vivos	Media	% vivos
VIN	8.6± 9.7	5.7	1.0± 2.5	17.7	7.4± 9.3	5.3	0.1± 0.5	2.2
HDPE	41.5± 30.1	42.2	33.8± 27.4	45.3	7.6± 7.7	33.8	0.02± 0.2	1.6
LDPE	9.3± 10.5	5.4	2.5± 3.8	11.4	6.6± 9.3	19.5	0.3± 0.7	11.1
CLP	18.0± 24.8	38.3	6.8± 9.8	38.2	10.9± 15.6	42.4	0.2± 0.9	4.9
PVC	15.7± 20.5	44.1	10.0± 13.4	49.5	4.2± 7.8	43.9	1.7± 2.9	28.3
Control	169.1± 68.2	98.0	169.1± 68.2	98.0	-	-	-	-

VIN = Vinil, HDPE = Polietileno de alta densidad, LDPE = P. de baja densidad, CLP = Celofan, PVC = Policloruro de vinilo



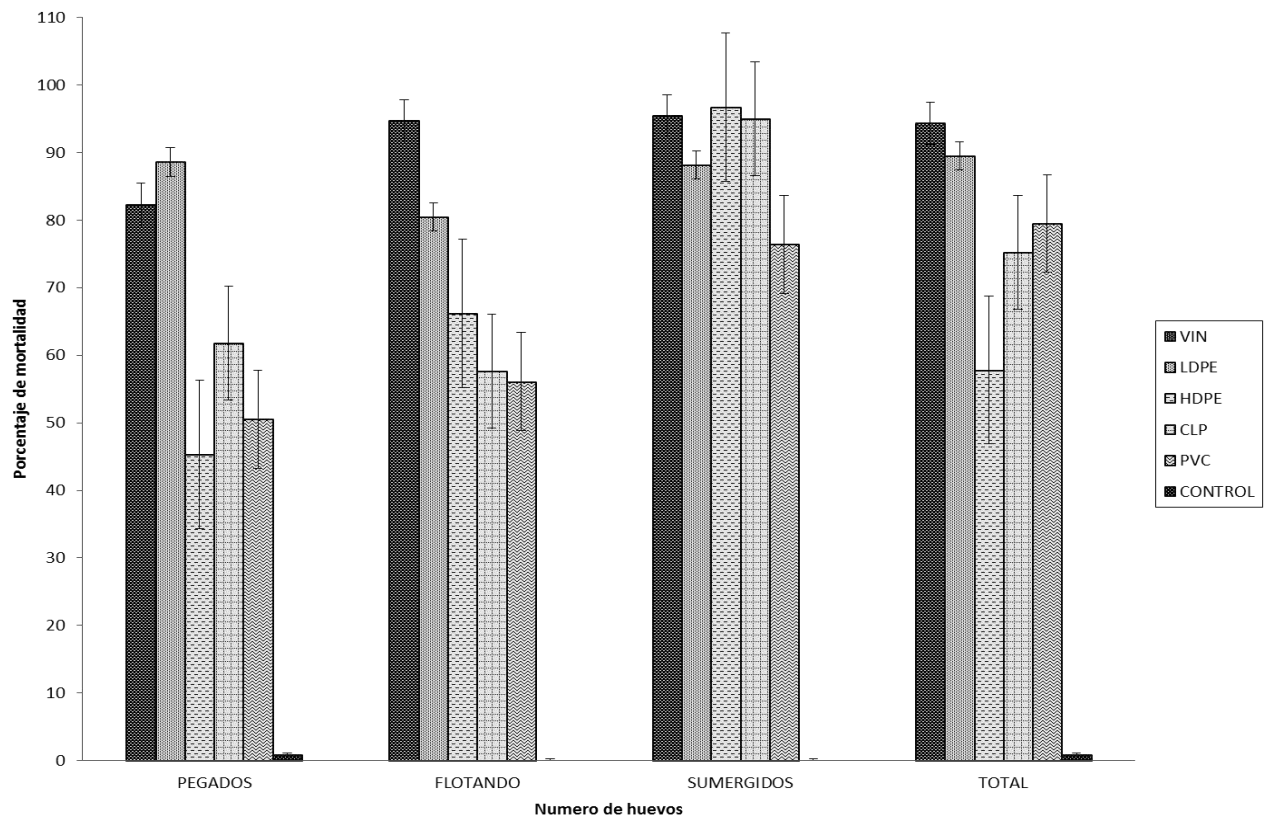
Por otro lado, se calculó el efecto combinado ovicida de los plásticos a lo largo de la falla la mortalidad o el fracaso de la eclosión de las larvas de primer instar.

De los porcentajes de eclosión de los huevos o la supervivencia se sustrajeron las tasas de rendimiento de mortalidad. El polietileno de baja densidad (LDPE) produjo el mayor índice de mortalidad en el embrión del huevo de *Ae. aegypti* con 88.6%; mientras que el menos eficaz fue el polietileno de alta densidad con un porcentaje de 45.3%, en los huevos encontrados pegados de las cinco películas plásticas (Fig. 28).

La película de plástico con más éxito para matar los embriones de los huevos flotando fue el VIN con un 94.7%, mientras que el PVC (Policloruro de vinilo) fue el menos eficaz con un porcentaje de 56.1%.

En cuanto a los huevos encontrados hundidos del polietileno de alta densidad fue el mejor ovicida con un porcentaje de mortalidad de 96.7, seguido de cerca por el VIN y el CLP con el 95.4 y el 95%, respectivamente.

Para finalizar, la mortalidad combinada de los huevos pegados, flotando y hundidos para cada material plástico, ha demostrado que el VIN es el ovicida más potencial con el 94.3%, siguiéndolo muy por debajo con un porcentaje del 89.5% el polietileno de baja densidad.



**Fig. 28** Tasa de mortalidad de los huevos de *Ae. aegypti* calculado en la eclosión de la larva cuando los plásticos se usan como sustratos para la oviposición resultando en categorías, como huevos: pegados, flotando y sumergidos.

## 8. DISCUSION

De forma generalizada, cada uno de los materiales plásticos probados y que conservan diferentes estructuras y características químicas y físicas mostró tres habilidades ó propiedades interesantes cuando se usa como sustrato para la oviposición de las hembras *Ae. aegypti* grávidas: el bloqueo de la sustancia pegajosa que da soporte al huevo, la repelencia ó deterrencia física, y la inhibición de la eclosión como consecuencia de la mortalidad embrionaria.

La falta de pegajosidad ó adherencia de la almohadilla corionica (ácido hialurónico) frente a los sustratos plásticos, puede entenderse considerando opuestas propiedades hidrofílicas entre el ácido hialurónico y las propiedades hidrofóbicas o a prueba de agua de todas las películas plásticas ó sustratos plásticos de oviposición (Gibbs 1988). Como se documenta por Padmaja y Rajulu (1981) este ácido absorbe el agua y luego se endurecen. El ácido hialurónico también se conoce para absorber 600 veces su peso molecular y porque esta propiedad se utiliza ampliamente en la cosmetología y en el área de la salud, para reparar quemaduras ó cicatrices graves (Kablik et al. 2009). Por lo tanto, la variación en el bloqueo ó inhibición de la sustancia pegajosa ó ácido hialurónico en los huevos, por los cinco plásticos a prueba puede explicarse por los diferentes niveles individuales de hidrofobia dada por su composición química específica.

Bajo este escenario, el polímero VIN mostró ser el más fuerte en su capacidad impermeabilizante para permitir que el menor media, el cual fue de 7.2, de los huevos pegados: curiosamente, plástico HDPE (polietileno de alta densidad) mostró huevos

pegados en el sustrato plástico casi el 50% igual al papel de filtro que fue utilizado como control positivo, con medias de 73.4 y 170.7, respectivamente (Tabla 1).

La categoría de huevos flotando representado el porcentaje más alto durante todos los experimentos con los plásticos, por encima del 65% (Tabla 1). Después de la explicación de las propiedades de los plásticos hidrófobos al inhibir la pegajosidad del ácido hialurónico sobre huevo, es aceptable que la oviposición de los mosquitos hembra se evada ó bloquee, para continuar la puesta de los huevos sobre la superficie del agua ó flotando en el interior del recipiente de oviposición ó criadero. Sin embargo, sostenemos que la suavidad de plástico fue un segundo factor para mover a las hembras del sustrato, que es donde naturalmente ponen sus huevos, y estos pueden con tranquilidad terminar de embrionarse y además protegerse de condiciones climáticas ó depredadores. Es evidente que las garras de los tarsos de las hembras tenían problemas para agarrar ó sostenerse de las películas de plástico en el momento en que los huevos eran puestos sobre estas. Si aceptamos ó damos como aceptable este hecho, entonces los plásticos también actúan como un agente deterrente. Es comprensible que combinada la acción de ambos, la hidrofobia y la deterrencia de los materiales plásticos ó sustrato de oviposición, apoyará a mostrar la más baja media de huevos pegados (7,4) y la más alta media de huevos flotando (159,4) en el plástico VIN (Tabla 1).

La suavidad ó falta de rugosidad de los plásticos está dada por una falta de porosidad y la forma tridimensional de los polímeros de las estructuras principales. La nanotecnología moderna podría fabricar en el futuro un sustrato contra el mosquito adulto, la hembras en este caso, es decir, un plástico que se caracterizaran por ser compuestos carezca de poros ó que los haya en bajas cantidades; lo que podría evitar que

las garras de los tarsos de las mosquitos hembra se anclan con facilidad en los criaderos ó en el área peridomestica de la casa que le impida descansar antes de alimentarse, por lo que probablemente evite esas “áreas inconvenientes”. En la actualidad, para la lucha contra el ácaro del polvo de los colchones, ya se usan “nanotelas” que utilizan el mismo principio anteriormente mencionado y que se están convirtiendo muy popular entre los países en desarrollo (Buczylko *et al.* 2008).

Por otro lado, la media del número de huevos encontrados hundidos en el recipiente de oviposición, fueron bajos y en general oscila entre 0.1-7.1 (Tabla 2). Los huevos hundidos fueron los lotes de huevos más pequeños ovipuestos por *Ae. aegypti* por hembra (7,4%) en todos los plásticos a prueba en este trabajo.

Con nuestras observaciones hemos encontrado este grupo comienza a hundirse en las primeras 24 horas después de la oviposición y se separa de los huevos flotantes por densidad (la más pesada). A pesar de las observaciones sobre el desarrollo del embrión, no se llevaron a cabo en este estudio o ni se observó la formación de las capas exteriores, ya que muy probable el agua penetró a través de las capas de huevo incipiente, aumento de peso del huevo y por lo tanto, facilitar la inmersión de huevos. Es conocido que el exocorion de los huevos de *Ae. aegypti*, se compone de dos capas, y que atrapa una película de aire entre ellas, funcionando como un plastrón en el sistema respiratorio de los huevos (Hinton 1968, Clements 1996 ). Así mismo, el huevo de *Ae. aegypti* se colocan uno por uno en la línea húmeda del agua con bajo contenido de oxígeno (Jones 1968). Y las pequeñas y dispersas aeropilas, permiten que el oxígeno atmosférico se riegue ó se transmita para aumentar la escasa cantidad de oxígeno tomándola del agua

(Jones 1968, Mohinder 2001). Es evidente que el desarrollo del huevo plastrón estuvo presente en los huevos que se quedaron flotando y ausente en los huevos hundidos. Por lo que las aseveraciones hechas no están mal dirigidas.

La inhibición de la eclosión que se registró, es consistente en varias extensiones para todos los plásticos ensayados así como para las categorías de huevos pegados, flotando, y hundidos. Los huevos depositados y pegados en VIN y en el polietileno de baja densidad fueron capaces de incubar los números de medias de larvas del primer estadio ó instar más bajos (Tabla 3). La tasa de supervivencia del estadio inmaduro larvario de *Ae. aegypti* fueron tan bajos como 5.7% y 5.4% para los plásticos, respectivamente. En cuanto al éxito en la eclosión de los huevos encontrados flotando, fueron las medias mas bajas también en el caso del material VIN y del polietileno de baja densidad que resulta en la misma supervivencia del 9.3% para ambos los plásticos. Los huevos hundidos también mostró baja eclosión de huevos, además de las más baja tasa de supervivencia, por ejemplo, en el polietileno de alta densidad fue 1.6%.

Nuestra hipótesis es que varios factores podrían estar relacionados para así entender la mortalidad embrionaria en todos los tipo de categorías de huevo, es decir, los que se encontraron pegados a el sustrato, flotando en el agua y hundidos en el recipiente de oviposición. La almohadilla corionica formada de ácido hialurónico envuelve el huevo es tiempo necesario para proporcionar una estabilidad en las condiciones físico-químicas, y de esta manera promover el desarrollo del embrión, en forma optima. El tiempo después de la oviposición, son decisivos para alcanzar la madurez antes de la cutícula serosa responsables de la síntesis de la desecación del huevo completo, ya que esta se forma entre las once y las trece horas después de la oviposición. Este intervalo de

tiempo (2 horas) corresponde a solo el 3.2% de la formación total del embrión (Lazzaro-Rezende et al. 2008). Es importante recalcar que sin la formación de esta cutícula serosa, que es responsable de la impermeabilidad del huevo, es decir, que evita que el embrión reciba más ó menos agua, el huevo ó más bien el embrión queda a merced del ambiente.

Las películas ó polímeros plásticos hidrofóbicos bloquean lo suficiente la absorción de agua del ácido hialurónico, que envuelve el huevo, causando daños directos en el proceso de la embriogénesis. Probablemente, pocos embriones sobreviven y son capaces de eclosionar y de seguir las demás etapas hasta llegar a ser imago (adulto perfecto). Daños secundarios concurrente sobre la embriogénesis incluiría una disminución de la ingesta de oxígeno en las aeropilas poco desarrolladas (Jones 1968, Mohinder 2001), así como la falta de una capa de cera a prueba de agua ó impermeabilizada que es parte de la cutícula serosa (SC) (Beckel 1958, Christophers 1960, Clements, 1996).

A pesar de que ninguno de los plásticos a prueba producen al 100% la mortalidad embrionaria en nuestras condiciones en el insectario, el polímero VIN y el polietileno de baja densidad, prometen  $\geq 90\%$  de mortalidad ovicida, en total en los huevos pegados, flotando, y hundidos (Fig. 1). Ambos plásticos se encuentran con frecuencia en el hogar: bolsas de supermercado y basura. Teniendo un uso potencial colocándolos en las áreas de oviposición en criaderos domésticos, que podrían reducir la población de vectores de *Ae. aegypti*. Y que podría ser un método de control factible, asequible y barato para los programas comunitarios de Dengue.

## 9. CONCLUSION

1. Durante este estudio, se demostró el potencial ó la capacidad que pueden poseer algunas películas ó polímeros plásticos hacia la almohadilla corionica, sustancia secretada por la hembra de *Ae. aegypti*, bloqueando la acción de “pegado” ó adherencia de los huevos en el interior del contenedor de oviposición; en condiciones de insectario.

2. La efectividad de bloqueo de los huevos pegados el polímero VIN con una media de 7.2, mostró poseer una mayor capacidad impermeabilizante. Mientras que el plástico HDPE obtuvo la media más alta (73.4). Los huevos flotando representó el porcentaje más alto durante todos los experimentos con los plásticos, 70%. Y la media de los huevos encontrados hundidos, fueron bajos y oscilaron entre 0.1 y 7.1.

3. En cuanto a la supervivencia ó la falta de eclosión de las larvas de los huevos pegados en los films plásticos como VIN y el LDPE fueron capaces de incubar las medias de larvas bajas, y con porcentajes de mortalidad de 82.3% y 88.6%, respectivamente. En los huevos flotando, solo el material VIN obtuvo un porcentaje de mortalidad de 94.7%. Los huevos hundidos también mostraron baja eclosión, en donde el HDPE y el VIN obtuvieron la tasa de mortalidad más alta con 98.4 y 97.8%, respectivamente. Ninguno de los plásticos probados produjo una mortalidad embrionaria del 100%, en condiciones controladas. Sin embargo el polímero VIN y el LDPE, pueden lograr más del 90% de mortalidad ovicida.



## 10. LITERATURA CITADA

Alvarado-Moreno MS, Laguna-Aguilar M, Sanchez-Casas RM, Sanchez-Rodriguez OS, and Fernandez-Salas I. Evaluation of anti-adhesive materials for preventing the oviposition of *Aedes aegypti* (L.) in breeding sites [abstract]. Proceedings of the 21<sup>st</sup> Latin American Symposium at the 77<sup>th</sup> AMCA Annual Meeting. 2011 March 20-24; California, USA.

Arakane Y, Hogenkamp DG, Zhu YC, Kramer KJ, Specht CA, Beeman RW, Kanost MR, Muthukrishnan S. 2004. Characterization of two chitin synthase genes of the red flour beetle, *Tribolium castaneum*, and alternate exon usage in one of the genes during development. *Insect Biochem Mol Biol*, 34:291-304.

Arakane Y, Muthukrishnan S, Kramer KJ, Specht CA, Tomoyasu Y, Lorenzen MD, Kanost M, Beeman RW. 2005. The *Tribolium* chitin synthase genes TcCHS1 and TcCHS2 are specialized for synthesis of epidermal cuticle and midgut peritrophic matrix. *Insect Mol Biol*, 14:453-63.

Bates M. 1970. The History Natural of Mosquitoes. Ed. McMillan, New York.

Badii, M.H., J. Landeros, E. Cerna y J. L. Abreu. 2007. *Ecology and history of dengue in Americas*. Daena: International Journal of Good Conscience. 2(2) : 248-273.

Bancroft, T.L. 1906. On the etiology of dengue fever. Aust. Med. Gaz. (Sydney). 25, 1.

Beckel WE. 1958. Investigation of permeability, diapause, and hatching in the eggs of the mosquito *Aedes hexodontus*. Dyar. *Can J Zool*. 36:541-54.

Benavides ML, Realpe LO, Fajardo P. 1997. Evaluación del tiempo en que *Aedes aegypti* coloniza y desarrolla su fase acuática en los lavaderos de ropa de los barrios surorientales del Neiva. *Biomédica*. 14: 282-285.

Benenson AS. 1992. El control de las enfermedades transmisibles en el hombre. Publicación Científica No. 538, Organización Panamericana de Salud: xxiii, xxviii-xxxiii, 82-88, 157-161, 176, 212-217.

Berger-Twelberck P, Hofmeister P, Emmling S, Dorn A. 2003. Ovicide-induced serosa degeneration and its impact on embryonic degeneration in *Manduca sexta* (Insecta: Lepidoptera). *Tissue Cell*. 35:101-12.

Billmeyer Jr. FW. Molecular structure and polymer properties. J. Paint Technol. 41, 31-16.

- Buczylko K, Chwala C, Niekraszewicz A, Ciechanska D. and Wagner A. 2008. Evaluation of the Effect of Anti-Mite Fabric on the Well-Being of Patients with a Mite Allergy. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*. 16 (4): 121-125
- Caballero R, Torres T, Chong F, Pineda A, Altuzar M, López B. 2006. Concepciones culturales sobre el dengue en contextos urbanos de México. *Rev Saude Publica*, 40:126-133
- CENAVECE [Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades]. 2002. Serotipos. <http://www.cenave.gob.mx/dengue/default.asp?id=13>
- CENAVECE [Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades]. 2012. Panorama epidemiológico de Fiebre por Dengue y Fiebre Hemorrágico por Dengue en entidades federativas. Actualizada a 16 de Abril del 2012 (Semana 16).
- CDC [Center for Disease Control] Bureau of Tropical Diseases. 1980. Biología y Control del *Aedes aegypti*. CDC. Vector Topics. N° 4. Atlanta Georgia. p. 77.
- CDC [Center for Disease Control]. 1995. Dengue Surveillance Summary. U.S. Department of Health and Human Services. Nummer 70, March: 4
- CDC [Center for Disease Control]. 2006. Dengue fever health sheet. <http://www.cdc.org/ncidod/dvbid/dengue>.
- Cheong WH. 1967. Preferred *Aedes aegypti* Larval Habitats in Urban Areas. *Bull. Wld. Hlth. Org.* 36: 586- 589.
- Chiú J, González T, Martínez J, Aguilar L, Losoya A. 2003. Lethal residual effect against Aedine larvae with *Bacillus thuringiensis* var. *Israelensis* with different doses of tablets & powder in Monterrey, Nuevo León, México. Memorias 69th Annual Meeting of AMCA, Minneapolis, MN
- Christophers SR. 1960. *Aedes aegypti* (L) *The Yellow Fever Mosquito. Its Life History, Bionomics and Structure*. Cambridge University Press.
- Cleland. J.B., B. Bradley, and W. McDonald. 1919. Further experiments in the aetiology of dengue fever. *J. Hyg.* 18:217-254.
- Clements AN. 1996. *The biology of mosquitoes. Development, nutrition and reproduction*. London: Chapman and Hall.
- Clements AN. 1992. *The biology of mosquitoes. Development, nutrition and reproduction*. London: Chapman and Hall.

Consoli R, De Oliveira R. 1994. Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil. Rio de Janeiro: Fiocruz,

Danis-Lozano R, Rodríguez MH, Hernández-Avila M. 2002. Gender-related family head schooling and *Aedes aegypti* larval breeding risk in Southern Mexico. *Salud Publica Mex*, 44:237-242.

Design Institute for Physical Properties 2003. General Properties of Vinyl Acetate. American Institute of Chemical Engineers (AIChE). On-line searching. [www.vinylacetate.org/properties.pdf](http://www.vinylacetate.org/properties.pdf).

Detinova TS. 1962. Age Grouping Methods in Diptera of Medical Importance. WHO Monograph Ser. 47:216.

Do Si Hien. 1976. Biology of *Aedes aegypti* (L., 1762) and *Aedes albopictus* (Skuse, 1895), (Diptera, Culicidae). V. Gonotrophic cycle and oviposition. *Acta parasit, pol.*, 24, 37-54.

Dye C. 1992 The analysis of Parasite Transmission by Bloodsucking Insects. *Annu. Rev. Entomol.* 37:1-19.

Epstein PR. 1994. November 13 (Letter to Editor). New York. p. 101

Fernández- Salas I, Flores- leal A. 1995. El papel del vector *Aedes aegypti* en la epidemiología del Dengue. *Salud Pública México*; 37supl: 45:52.

Fernández-Salas. I. 2009. Biología y control de *Aedes aegypti*. Manual de operaciones. UANL. Tendencias Científicas. Monterrey, México: 131pp.

Gadelha D.P, Toda A.T. 1985. Biologia e comportamento do *Aedes aegypti*. *Rev Brasil Malariol. D. Trop.* 37: 29-36.

Galun R, 1967. Feeding Stimuli and Artificial Feeding. *Bull. Wld. Hlth. Org.* 36: 590-593.

Gander R. Experimentelle und oekologische Untersuchungen über das Schlupfvermögen der Larven von *Aedes aegypti* L. *Rev Suisse Zool* 1951, 58:215-278.

García-Rejón J, Loroño-Pino MA, Farfán-Ale JA, Flores-Flores LF, López-Urbe MP, Najera- Vazquez MR, Nuñez-Ayala G, Beaty BJ and Eisen L. 2011. Mosquito Infestation and Dengue Virus Infection in *Aedes aegypti* Females in Schools in Mérida, México. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 84(3), pp. 489-496.

Gast-Galvis A. 1982. Historia de la Fiebre Amarilla en Colombia. Historia de los vectores. Instituto Nacional de Salud. Santafé de Bogotá. p. 95

- Gibbs AG. 1988 Water-Proofing Properties of Cuticular Lipids. *J Amer Zool.* 38:471-482.
- Gómez-Dantes H. 1991. El programa de control del dengue en México y perspectivas para el futuro. Simposio del Control y Biología de Mosquitos Vectores en Latinoamérica. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 7:644-645.
- Gómez-Dantes YM, and Rodríguez MH. 1994. Paludismo y Dengue: de la erradicación a las zonas de riesgo. Cuadernos de Salud. Secretaría de Salud, México: 10, 55.
- Gorman MJ, Kankanala P, Kanost MR. 2004 Bacterial challenge stimulates innate immune responses in extra-embryonic tissue of tobacco hornworm eggs. *Insect Mol Bio* 13:19-24.
- Gualdron- Sánchez LJ. 2007 Manual de Vigilancia Entomológica de Dengue, Leishmaniasis, Chagas, Malaria y Fiebre Amarilla. Unidad Básica de Entomología. Laboratorio Departamental de Salud de Santander. Subdirección de Salud Pública. Coordinación del Programa ETV. p. 8-16.
- Gubler DJ, Casta-Valez A. 1991. A program for prevention and control of epidemic Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever in Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands. *Bulletin of PAHO* 25(3), 237.
- Gubler DJ, and Clark GG. 1995. Dengue/dengue hemorrhagic fever: the emergence of a global health problem. *Emerg Infect Dis.* 1(2): 55-57.
- Gubler DJ. 2005. The emergence of epidemic dengue fever and dengue hemorrhagic fever in the Americas: a case of failed public health policy. *Pan Am J Public Health,* 17:221-224.
- Handel K, Grunfelder CG, Roth S, Sander K. 2000. *Tribolium* embryogenesis: a SEM study of cell shapes and movements from blastoderm to serosal closure. *Dev Genes Evol,* 210:167-79.
- Halstead SB 2008 Dengue. Overview and history. Imperial College Press. Chapter 1.
- Harwood RF. 1958. Development, structure, and function of coverings of eggs of floodwater mosquitoes. II. Postovarian structure. *Ann Entomol Soc Am,* 51:464-71.
- Harwood R. F. and Horsfall W. R. (1959). Development, structure and function of coverings of eggs of floodwater mosquitoes. III. Functions of coverings. *Ann. entomol. Soc. Am.,* 52, 113-116.
- Hinton HE. 1970. Insect eggshells. *Sci. Am.* 223:84:91.

Hogenkamp DG, Arakane Y, Zimoch L, Merzendorfer H, Kramer KJ, Beeman RW, Kanost MR, Specht CA, Muthukrishnan S. 2005. Chitin synthase genes in *Manduca sexta*: characterization of a gut-specific transcript and differential tissue expression of alternately spliced mRNAs during development. *Insect Biochem Mol Biol*, 35:529-40.

Jones JC. 1968. The sexual life of mosquito. *Sci. Am.* 218 (16): 108-114

Kablik J, Monheit GD, Liping Y, Chang G and Gershkovich J. Comparative Physical Properties of Hyaluronic Acid Dermal Fillers. *Dermatol. Surg.* 35(1):302-312

Kettle DS, 1993. Medical and Veterinary Entomology. Cab International. UK: 125-131, 451-471

Kliwer JW. 1961. Weight and hatchability of *Aedes aegypti* eggs. *Ann Entomol Soc Am*, 54:912-917.

Klowden MJ, Lea AO. 1978. Blood Meal Size as a Factor Affecting Continued Host-Seeking by *Aedes aegypti* (L.). *Am. Trop. Med. Hyg.* 27: 827- 831.

Konopova B, Zrzavy J. 2005. Ultrastructure, development, and homology of insect embryonic cuticles. *J Morphol*, 264:339-62.

Kroeger A, Nathan MB. 2006. Dengue: setting the global research agenda . *Lancet*. 368: 2193 – 2195.

Lazzaro-Rezende G, Jesus-Martins A, Gentile C, Cristina-Farnesi L, Pelajo-Machado M, Afrânio-Peixoto A. and Valle D. 2008. Embryonic desiccation resistance in *Aedes aegypti*: presumptive role of the chitinizedserosal cuticle. *BMC Developmental Biology* 8:82.

Leonard ,J. 1990 La vida de Carlos Finlay y la derrota de la bandera amarilla. Bol Of Sanit Panam 108(3): 229- 44. Vol. I. British Museum (Natural History), London. xviii. 424 pp.

Li JS, Li J: Major chorion proteins and their crosslinking during chorion hardening in *Aedes aegypti* mosquitoes. *Insect Biochem Mol Biol* 2006, 36:954-64.

Mather TN, DeFoliart GR. 1983. Effect of Host Source on the Gonotrophic Cycle of *Aedes triseriatus*. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 32: 189- 193.

Mazine CAB, Yasumaro S, Macoris MLG, Andrigethi VP, Da Costa VP, Winch PJ. 1996. Newsletters as a channel for communication in a community-based *Aedes aegypti* control program in Marília Brazil. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 12(4): 732-735.

McMichael AJ, Ando M, Carcavallo R, Epstein P, Haines A, Jendritzky G, Kalkstein L, Odongo R, Patz J, Priver W. (eds.)1996. Human Population Growth, in Watson RT, Zinyowera MC, and Moss RH (eds.), *Climate Change 1995 Impacts, Adaptions and*

Mitigation of Climate Change: Scientific- Technical Analyses, World Health Organization, Geneva.

Méndez GJF, Rivas ML, Nájera MR, Inette MG, Canto SB, Sabido F. 1996. Proyecto de prevención y control del dengue 1995 – 1996. In Secretaría de Salud. Taller sobre avances recientes en el control de *Aedes aegypti* basado en la comunidad: México y Honduras. Mérida, Yucatán, México. 22 – 24 de agosto de 1996: 32 – 81.

Merzendorfer H, Zimoch L. 2003. Chitin metabolism in insects: structure, function and regulation of chitin synthases and chitinases. *J Exp Biol* 206:4393-412.

Merzendorfer H. 2006. Insect chitin synthases: a review. *J Comp Physiol [B]*, 176:1-15.

Mingwang Pan, Xudong Shi, Xiucuo Li, Haiyan Hu and Liucheng. 2004. Zhang Morphology and properties of PVC/clay nanocomposites via *in situ* emulsion polymerization Journal of Applied Polymer Science 94 (1): 277–286.

Mirsa A. 1956. Datos experimentales sobre aspectos bioecológicos del *Aedes aegypti* (Linn), desarrolladas en el laboratorio. *Revista de Sanidad y Asistencia Social*. Instituto de Higiene. Venezuela. p. 341.

Mohinder SJ. 2001 Toxic effect of garlic extracts on the eggs of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): A scanning electron microscopy study. *J. Med. Entomol.* 38 (3): 446-450.

Nelson M. 1986. *Aedes aegypti*: biología y ecología. Washington. OPS

Monnerat AT, Soares MJ, Lima JB, Rosa-Freitas MG, Valle D. 1999. Anopheles albitarsis eggs: ultrastructural analysis of chorion layers after permeabilization. *J Insect Physiol*, 45:915-922.

Moreira MF, Dos Santos AS, Marotta HR, Mansur JF, Ramos IB, Machado EA, Souza GH, Eberlin MN, Kaiser CR, Kramer KJ, *et al.*: A chitin- like component in *Aedes aegypti* eggshells, eggs and ovaries. *Insect Biochem Mol Biol* 2007, 37:1249-61.

Morrison AC, Costero A, Edman JD, Clark GG, Scott TW. 1999. Increased fecundity of *Aedes aegypti* fed human blood before release in a mark-recapture study in Puerto Rico. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 15: 98Ð104.

Nájera-Vázquez MR, Rivas-Gutiérrez L, Méndez- Galván JF, Clark GG. 1997. Estimation of the relative importance of containers in the production of *Aedes aegypti* and their function in the domestic environment in Mérida, Yucatán, México. En: Clark GG, Rangel N, editores. Mosquito vector control and biology in Latin America – a seventh symposium. *J Am Mosq Control Assoc*, 13:126.

Naksathit AT, Scout TW. 1998. Effect of female size on fecundity and survivorship of *Aedes aegypti* fed only human blood versus human blood plus sugar. J. Am. Mosq. Control Assoc. 14(2):148-152.

Nathan MB, Dayal-Drager R. Recent epidemiological trends, the global strategy and public health advances in dengue. Report of the Scientific Working Group on Dengue, WHO TDR/SWG/08. World Health Organization, Geneva, Switzerland. 2006.

Novo S, 1964. Breve historia y antología sobre la fiebre amarilla, Secretaría de Salubridad y Asistencia. La Prensa Médica Mexicana: 5-6, 8-11.

OPS [Organización Panamericana de la Salud]. 1995 Dengue y dengue hemorrágico en las Américas: su prevención y control. Washington (Publicación Científica N° 548).

OPS [Organización Panamericana de la Salud]. 1996. Estudio sobre la Factibilidad de la Erradicación de *Aedes aegypti*, 118° Reunión Washington, D. C.

OPS [Organización Panamericana de la Salud]. 1997. Resurgimiento del dengue en las Américas. Boletín Epidemiológico/OPS, Vol. 18, No. 2 :1-6

OPS [Organización Panamericana de la Salud]. 2000 Promoción de estrategias para el estímulo de la participación comunitaria y la educación popular en el control del Dengue a través de la comunicación social. Lima, Perú.

OPS [Organización Panamericana de la Salud]. 2011. Manual de Vigilancia y Control de *Aedes aegypti*. URUGUAY. Revisión: OPS/HCT/AA.URU.01/02: Guía para la vigilancia de *Aedes aegypti*.

Ortiz MC, 1984. La fiebre amarilla selvática en México. Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. Edición especial coordinada con la Secretaría de Salud, Boletín CXXXV(4): 1-144.

Plastics Pipe Institute (PPI) 1993. *Engineering Properties of Polyethylene*. The Society for the Plastics Industry, Inc. Dallas, Tx.

Padmaja K. and Rajulu S. 1981. Chemical Nature of the chorionic pad of the egg of *Aedes aegypti*. *Mosquito news* 41(4):674-676.

PAHO [Pan American Health Organization]. 2002. Control and Prevention Dengue.

Pant CP, Yasuno M. 1973. Field Studies on the Gonotrophic cycle of *Aedes aegypti* in Bangkok, Thailand. J. Med. Entomol. 10: 219-223.

Raiter P. and M. B. Nathan. 2001. Guidelines for assessing the efficacy of insecticidal space sprays for control of the dengue vector *Aedes aegypti*. WHO/CDS/PVC/2001: 34

Reyes- Villanueva F, Juárez M, Flores A. 1990. Effects of Sublethal Dosages of Abate Upon Adult Fecundity and Longevity of *Aedes aegypti*. *Amer. Mosq. Control Assoc.* 6: 739-741.

Reyes G, Méndez J, Espinoza L, Losoya A, Thirión J, Aguilar L, De Chant P. 2003. Lethal residual effect against Aedine larvae with *Bacillus thuringiensis* var. *Israelensis* with different doses of tablets & powder in Monterrey, Nuevo León, México. *Memorias 69th Annual Meeting of AMCA, Minneapolis, MN*

Schmunis, GA., 1998. Dengue en las Américas. *Bayer Salud Pública* No. 14 D-51368 Leverkusen Alemania: 8-16.

Roncero C: The genetic complexity of chitin synthesis in fungi. *Curr Genet* 2002, 41:367-78.

Salvatella AR. 1996. *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus* (diptera, culicidae) y su papel como vectores en las Américas. La situación de Uruguay. *Rev Med Uruguay*, 12: 28-36.

Saxena IM, Brown RM Jr, Fevre M, Geremia RA, Henrissat B. 1995. Multidomain architecture of beta-glycosyl transferases: implications for mechanism of action. *J Bacteriol*, 177:1419-24.

Scott TW, Clarck GG, Lorenz LH, Amerasinghe PH, Reiter P. y Edman JD. 1993. Detection of Multiple Blood Feeding in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) During a Single Gonotrophic Cycle Using a Histologic Technique. *J. Med. Entomol.* 30:94-99.

Scott TW, Naksathit A, Day JF, Kittayapong P. y Edman JD. 1997. A Fitness Advantage for *Aedes aegypti* and the viruses it transmits when females feed only human blood. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 57:235-239.

Schoof HF. 1967. Mating, Resting Habits and Dispersal of *Aedes aegypti*. *Bull. Wld. Org.* 36:600-601

SSA [Secretaría de Salud]. 1993. Monografía sobre la epidemiología del dengue. Dirección General de Epidemiología. México: 59

SSA [Secretaria de Salud]. 1995. Programa de Contingencia para Enfrentar el Dengue y Dengue Hemorrágico en México.

SSA [Secretaria de Salud]. 2006. Programa Nacional de vigilancia, prevención y control del dengue. "Dengue y dengue hemorrágico, guía práctica para su diagnóstico, manejo y tratamiento". México

Slifer EH. The origin and fate of the membranes surrounding the grasshopper egg, together with some experiments on the source of the hatching enzyme. *Quarterly Journal of Microscopical Science* 1937, 79:493-U12.



Solomon E, Martin D, Berg L. y Ville CA. 1996. Biología de Vilee. Tercera Edición. McGraw Hill. Interamericana. México. P. 1193

Soper FL. 1965. Rehabilitation of the Eradication Concept in Prevention of Communicable Diseases. *Public Health Reports*. Vol. 80 (10:855-869)

Soper FL. 1967. Dynamics of *Aedes aegypti* Distribution and Density: Seasonal Fluctuations in the Americas. *Bull. Org. mond. Santé. Bull. Wld. Hlth. Org.* 36: 536-538.

SPSS [Statistics Programs of Social Science]. 2008. SPSS 17.0. SPSS, Inc. Chicago IL. World Health Organization [WHO]. 1986. Prevention and control of yellow fever in Africa. Geneva.

Suaya J.A, Shepard D.S, Chang M.S. 2007 Cost-effectiveness of annual targeted larviciding campaigns in Cambodia against the dengue vector *Aedes aegypti*. *Tropical Medicine and International Health*, 12, 1026 – 1036.

Surtees G. 1967. Factors affecting the oviposition of *Aedes aegypti* *Bull. Wld. Hlth. Org.* 36, 594-596

Telford AD. 1957. The pasture *Aedes* of central and northern California the egg stage: gross embryology and resistance to desiccation. *Ann Entomol. Soc Am*, 50:537-543.

Tibbets WC Jr. 1931. *The permeability of cellophane to microorganisms*. Massachusetts Institute of Technology.

Tinker ME, Olano VA. 1993 Ecología del *Aedes aegypti* en un pueblo de Colombia, Sur América. *Biomédica*. 13:5-14.

Theobald, F.V. 1901. A monograph of the Culicidae or mosquitoes.

Torres AM. 1966. La fiebre amarilla en México. Erradicación del *Aedes aegypti*. *Salud Pública de México* V(VIII):4, 561-570.

Valle D, Monnerat AT, Soares MJ, Rosa-Freitas MG, Pelajo-Machado M, Vale BS, Lenzi HL, Galler R, Lima JB. 1999. Mosquito embryos and eggs: polarity and terminology of chorionic layers. *J Insect Physiol*, 45:701-708.

Weiss IM, Schonitzer V, Eichner N, Sumper M: The chitin synthase involved in marine bivalve mollusk shell formation contains a myosin domain. *FEBS Lett* 2006, 580:1846-52.

WHO [World Health Organization]. 1975. Manual on Practical Entomology in Malaria. Part II. Methods and Techniques. WHO Switzerland. p. 191.

WHO [World Health Organization]. 2003. Use of fish for mosquito control. Cairo. Regional Office for Eastern Mediterranean.

WHO [World Health Organization]. 2005. Space spray application of insecticides for vector and pest control; a practitioner's guide. Geneva.

WHO [World Health Organization]. 2006. Guidelines for drinking-water quality. 3er. Ed. Geneva.

WHO [World Health Organization]. 2009. Dengue guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control. WHO/HTM/NTD/DEN/2009.1

Woker PA. 1937. Comparative Effects of the Blood of Different Species of Vertebrates on Egg- Production of *Aedes aegypti* Linn. *Amer. J. Trop. Med.* 17: 729- 745.

Zapata-Peniche A, Manrique-Saide1 P, Rebollar-Téllez EA, Che-Mendoza A, Dzul-Manzanilla F. 2007. Identificación de larvas de mosquitos (Diptera: Culicidae) de Mérida, Yucatán, México y sus principales criaderos. *Rev Biomed*; 18:3-17.

Zhang Y, Foster JM, Nelson LS, Ma D, Carlow CK: The chitin synthase genes chs-1 and chs-2 are essential for *C. elegans* development and responsible for chitin deposition in the eggshell and pharynx, respectively. *Dev Biol* 2005, 285:330-9.

Zhu YC, Specht CA, Dittmer NT, Muthukrishnan S, Kanost MR, Kramer KJ. 2002. Sequence of a cDNA and expression of the gene encoding a putative epidermal chitin synthase of *Manduca sexta*. *Insect Biochem Mol Biol*, 32:1497-506.

Zar JH. 1999. *Biostatistical Analysis* Fourth Edition Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

## 11. RESUMEN CURRICULAR

**Q.B.P. Marcela Selene Alvarado Moreno**

Nacida en Monterrey, N.L., Mex. El 11 de Mayo de 1985, hija de Crisoforo Alvarado Guevara y María Teresa Moreno Alvarado.

RFC: AAMM850511  
AAMM850511MNLLRR03

CURP:

Av. Enrique Rangel # 1505 Col. C.R.O.C.  
Monterrey, N.L., México CP. 64200  
(0181) 83-91-42-56 / 044 8115-01-05-09  
[yue.seleneqbp@gmail.com](mailto:yue.seleneqbp@gmail.com)

Candidata para el Grado de  
Doctor en Ciencias con Acentuación en Entomología Médica

Tesis: “EVALUACIÓN EN LABORATORIO DE MATERIALES CON PROPIEDADES ANTI-ADHERENTES SOBRE LOS HUEVOS DEL VECTOR DEL DENGUE *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) COMO POTENCIAL ALTERNATIVO DE CONTROL EN CRIADEROS LARVARIOS URBANOS”

Campo de Estudio: Entomología Control de Vectores

**Experiencia  
Laboral**

**2010-2013** (Ene-Abr) Maestra en la Universidad Alfonso Reyes (UAR) Unidad La Fe; en el nivel de Preparatoria, impartiendo las clases en el área de Ciencias. San Nicolás de los Garza, N.L.

**2011** Maestra en la Universidad Alfonso Reyes (UAR) Unidad La Fe; en el nivel de Licenciatura, impartiendo durante 1 tetramestre la clase de Química General, en la carrera de Ingeniero Mecánico Eléctrico. San Nicolás de los Garza, N.L.

**Servicio Social**

**Periodo Ago. 2005-Feb. 2006.** Laboratorio de Micología. Facultad de Ciencias Biológicas. Unidad C. Tel. 83294110.

**Periodo Feb. 2006- Jul. 2006:** Becaria

**Puesto actual**

**Perito de Laboratorio de Genética Forense**

**Adscrito a.**

**Laboratorio de Genética Forense**

Instituto de Criminalística y Servicios Periciales, PGJ

Av. Gonzalitos 452 sur Col. Residencial Galerías, Monterrey, NL.

Tel. 01 81 20204936

De 1 de junio del 2013 a la fecha

**Formación  
Profesional:****2002 – 2007****Licenciatura**

Químico Bacteriólogo Parasitólogo, UANL  
 Facultad de Ciencias Biológicas  
 San Nicolás de los Garza, NL  
 Fecha de Titulación Enero de 2008  
 Cedula No. 5525782

**2000- 2002****Estudios de Bachillerato**

Escuela Industrial y Preparatoria Técnica  
 “Pablo Livas” Pte.

**1997 – 2000****Estudios Secundarios**

Escuela Secundaria “Nuevo León” # 68

**1991 – 1997****Estudios Primarios**

Escuela Primaria Profa. “Elvira Sepúlveda”

**Cursos,  
Congresos y  
Seminarios**

**2012** Participación en el Congreso 78<sup>th</sup> Annual Meeting American Mosquito Control Association (AMCA), Procediendo del 22<sup>st</sup> Symposium Latinoamericano, realizado en Austin Texas, USA del 26-1° de Marzo con el trabajo titulado: “Response of female *Aedes aegypti* (L.) to polyvinyl chloride (PVC) to prevent oviposition in breeding sites”.

**2011** Asistencia al Congreso BioMonterrey: Proyecto de Nación en Biotecnología. Celebrado en el Auditorio del Centro de Investigación y Desarrollo de la Salud. U.A.N.L. de 5 al 6 de Septiembre.

Asistencia y presentación del trabajo en CARTEL titulado: “Usos de ovitrampa para la vigilancia entomológica de los mosquitos transmisores de Dengue en Santiago, Nuevo León” Celebrado en el Centro de Convenciones de la Facultad de Odontología de la U.A.N.L. de 24 al 26 de Agosto.

Participación como ASISTENTE al Curso PROYECTO FONSALUD “Análisis filogenético de poblaciones del DENV aislados del mosquito vector *Aedes aegypti* en tres localidades geográficamente separadas: Monterrey, Acapulco y Chetumal, Q. Roo”, realizado del 4 al 5 de julio, con una duración de 16 horas, en el laboratorio de Entomología Médica, FCB, FM de la UANL.

Participación como ASISTENTE y PRESENTACION del trabajo en CARTEL titulado: “Vigilancia del vector del Dengue *Aedes aegypti* a través del uso de ovitrampas en una localidad de Guadalupe, Nuevo León, México” Celebrado en el Centro de Convenciones de la Facultad de Odontología de la U.A.N.L. de 24 al 26 de Agosto.

Participación como ASISTENTE a la Conferencia “Fiebre amarilla en Perú virus Yunnan-1” Realizado el 2 y 3 de Agosto, con una duración de 4 horas, organizado por el laboratorio de Entomología Médica, Facultad de Ciencias Biológicas, UANL.

Participación como PONENTE en el Congreso 77<sup>th</sup> Annual Meeting American Mosquito Control Association (AMCA), Procediendo del 21<sup>st</sup> Symposium Latinoamericano, realizado en Anaheim California, USA del 20-24 de Marzo con el trabajo titulado: “Evaluation of anti-adhesive materials for preventing the oviposition of *Aedes aegypti* (L.) in breeding site”.

**2010** Asistencia al Primer Symposium “Enfermedades Emergentes: DENGUE 2010” Realizado en el auditorio del Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias de la Salud el día 29 de Noviembre (con un valor curricular de 0.5 Créditos Académicos Equivalentes a 6 horas de Educación Continua).

Asistencia al Congreso y Exhibición Internacional de Biotecnología bioCumbre Monterrey 2010, realizado en la Biblioteca “Raúl Rangel Frías”, los días 17-18 de Noviembre.

Participación como ASISTENTE y PONENTE en el XLV Congreso Nacional de Entomología, realizado del 27 a 30 de junio, en Nuevo Vallarta, Nayarit, México.

Participación como ASISTENTE a la XVI Reunión Nacional de la Red Mexicana de Municipios por la Salud “Los problemas prioritarios de salud pública y el papel estratégico del municipio, realizado del 7 a 9 de abril, en Tuxtla, Gutiérrez, Chiapas.

Participación como PONENTE en el Curso “Certificación de empresas de control de plagas urbanas en métodos de control de mosquitos del dengue *Aedes aegypti* en escuelas y empresas” realizado del 17 al 22 de Mayo del 2010, organizado por el Laboratorio de Entomología Médica.

Participación en el Congreso 76<sup>th</sup> Annual Meeting American Mosquito Control Association, Procediendo del 20<sup>st</sup> Symposium Latinoamericano, realizado en Lexington, Kentucky, USA del 28-1° de Abril con el trabajo titulado: “Field evaluation of ULV adulticide insecticides: Aqueslin Super, Bistar ULV and Anvil UnoMex 2 + 2 ULV, against the dengue vector *Aedes aegypti*, in Monterrey, México.”

**2009** Participación como ASISTENTE e INVESTIGADOR en el

Encuentro Estatal de Investigación en Salud 200, en TRES PRESENTACIONES ORALES con los trabajos titulados: “Identificación de mosquitos a través de trampas CDC de luz y BG home para un mejor control de vectores”, “Monitoreo de *Aedes aegypti* (Linneus, 1762) en la Colonia Fomerrey XXII mediante el uso de ovitrampas” y “Determinación del índice aedico mediante ovitrampas y la respuesta conductual de *Aedes aegypti* (L) frente a adulticidas de uso frecuente en Salud Pública”, realizado los días 08 y 09 de diciembre.

Participación como ASISTENTE a las conferencias “Simposium de Influenza”, “Protocolos de análisis en el diagnóstico del virus del Dengue en México” y “Tendencias Modernas para la enseñanza de las ciencias” celebrada en el marco de EXPO Científica CTR, realizado los días 29 y 30 de Octubre de la Cd. De Monterrey N.L. México.

Participación como ASISTENTE al 2º Congreso Internacional de Biotecnología (AsEBioGen) realizado en la Biblioteca Raúl Rangel Frías, Monterrey N.L. los días 1, 2 y 3 de Octubre.

Participación como ASISTENTE al Curso- Taller Introducción a la Investigación Científica “Seduciendo al Novato” en el XXV Congreso Nacional de Investigación Biomédica realizados los días 1º - 3 de octubre en CINTERMEX.

Asistencia y Participación con CARTEL en el XLIV Congreso Nacional de Entomología Médica teniendo como sede el Hotel Crowne Plaza, Los Cabos, Baja California Sur, México, del 28 de junio al 1 de julio.

Asistencia a la conferencia “DESARROLLO DE LA MICOLOGIA EN EL CENTRO DE MÉXICO” Realizado el día 20 de Marzo, en la Sala de usos múltiples de la FCB, UANL; con una duración de 2 hrs.

**2008** Apoyo en la revisión de literatura y redacción del tema: “CAMBIOS CLIMÁTICOS Y ENFERMEDADES EMERGENTES” para su presentación en Seminarios Médicos, en Crowne Plaza; el día 25 de Octubre, impartidos por personal del Laboratorio de Entomología Médica.

Apoyo en la redacción del trabajo “REGLAS PARA EL USO SEGURO DE INSECTICIDAS SEGÚN LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD”, presentado por personal del Laboratorio en la Reunión para el uso seguro de plaguicidas para empresas controladoras de plagas urbanas. Subsecretaría de Regulación Sanitaria, Secretaría de Salud, Nuevo León el día 31 de Octubre.

Asistencia al curso “METODOS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE MOSQUITOS DEL DENGUE (*Aedes aegypti*)” Realizado el 24 de Septiembre, en el Auditorio Central de la FCB, UANL; con una duración de 8 hrs.

Apoyo y colaboración en el desarrollo del cartel con el título: “Nuevos paradigmas en la Investigación Entomológica del Dengue” enviado al XI SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE CONTROL EPIDEMIOLOGICO DE ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES, realizada del 2 y 3 de Septiembre, en la ciudad de Buenos Aires, Argentina.

Participación como PONENTE en el Diplomado “Técnico Municipal en Control del Dengue y Zoonosis Urbanas” realizado del 25 de febrero al 29 de Agosto del 2008, organizado por el Laboratorio de Entomología Médica.

Participación como ASISTENTE al “Curso sobre Identificación de Hongos Patógenos de Insectos Vectores y su Potencial para Control Vectorial” realizado los días 9 y 10 de junio en la FCB, UANL.

**2007** Participación en el Congreso 73<sup>rd</sup> Annual Meeting American Mosquito Control Association (AMCA), Procediendo del 17<sup>st</sup> Symposium Latinoamericano, realizado en Orlando Florida, USA del 1°-5 de Abril con el trabajo en CARTEL titulado: “A novel low-cost, CO<sub>2</sub> microbial-producing trap for sampling adult *Aedes aegypti*”.

#### Publicaciones:

**Potential Community-Based Control by Use of Plastic Film to Block *Aedes aegypti* (L.) Egg Adhesion.** Marcela S. Alvarado-Moreno , Maricela Laguna-Aguilar , Olga S. Sánchez Rodríguez , Rosa M. Sanchez-Casas , Rocío Ramirez-Jimenez , Ewry A. Zarate-Nahón , Nicole Achée , John P. Grieco , and Ildefonso Fernandez-Salas. Southwestern Entomologist, 38(4):605-614. 2013.

**2.- Field Evaluation of a Novel Trap Baited with Carbon Dioxide Produced by Yeast for the Collection of Female *Aedes aegypti* Mosquitoes in Mexico.** Southwestern Entomologist Dec 2012 : Vol. 37, Issue 4, pg(s) 495-504 doi: 10.3958/059.037.0407

**3.- Risks of Dengue Secondary Infective Biting Associated with *Aedes aegypti* in Home Environments in Monterrey, Mexico.** Southwestern Entomologist Mar 2013 : Vol. 38, Issue 1, pg(s) 99-108 doi: 10.3958/059.038.0110